

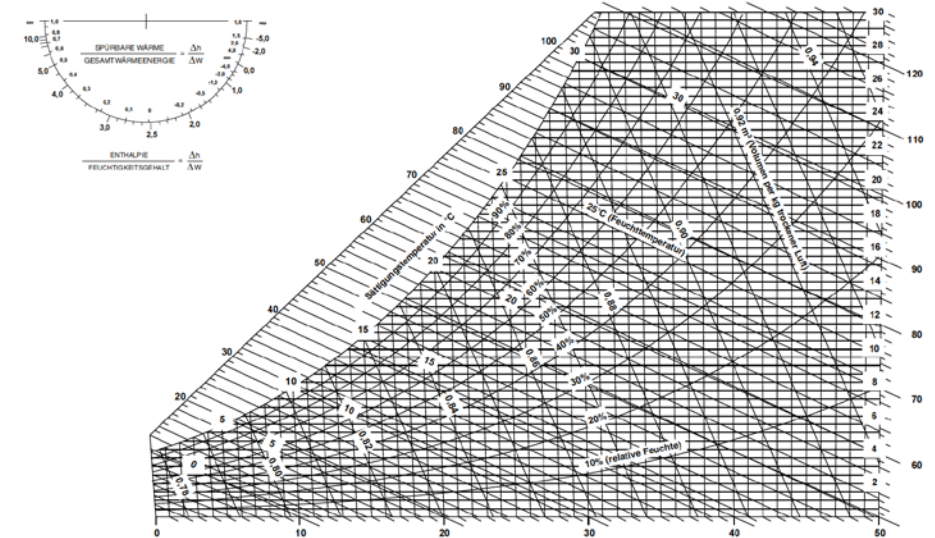
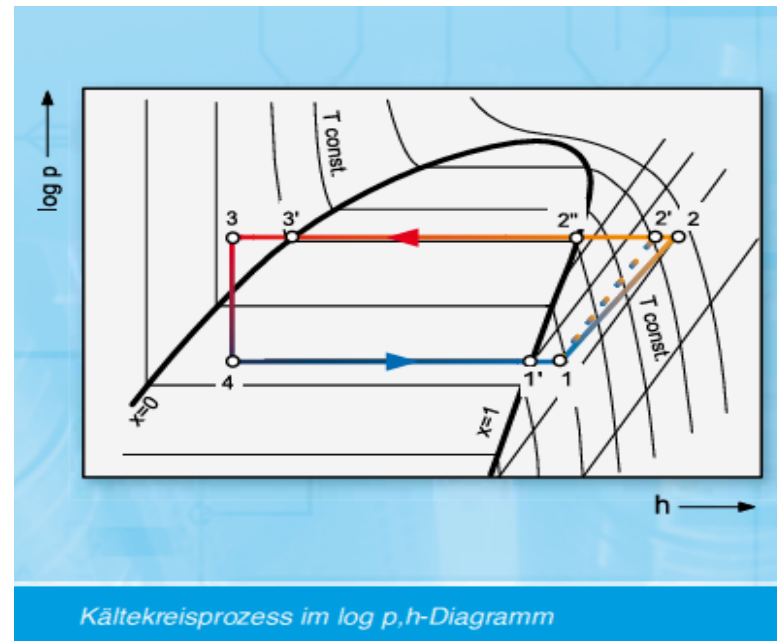
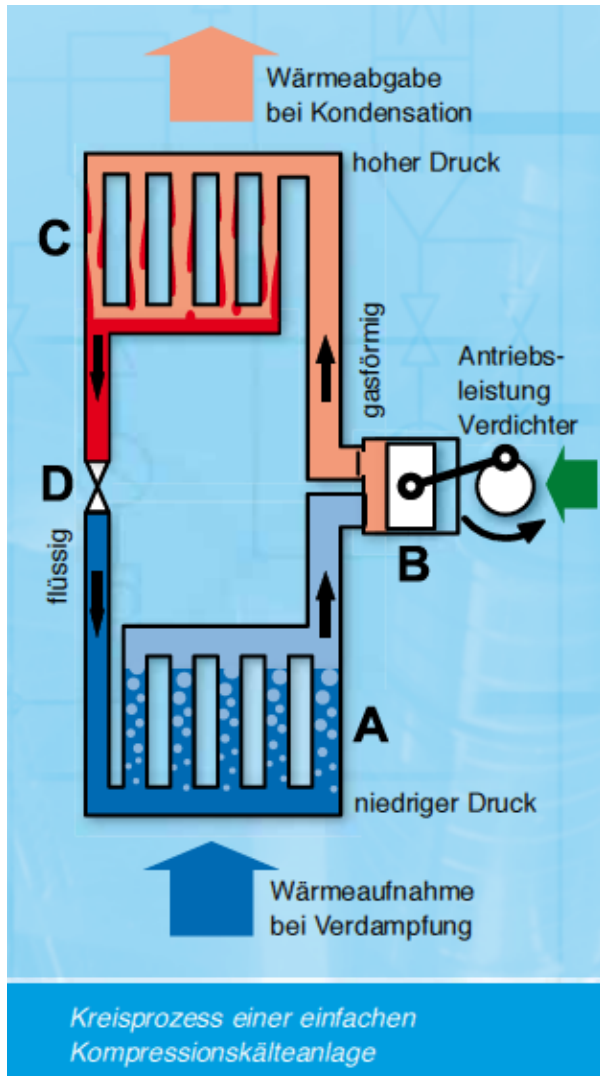


BASISWISSEN KÄLTE



Christian Henkel
03.02.2020

Funktion Kältemaschine



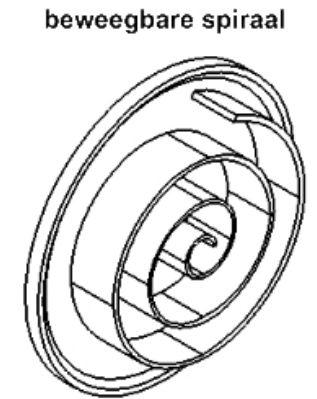
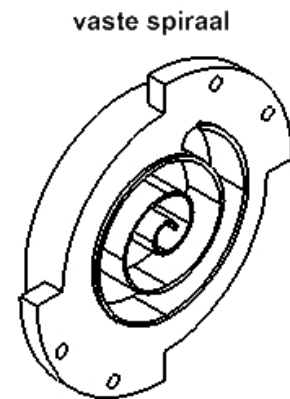
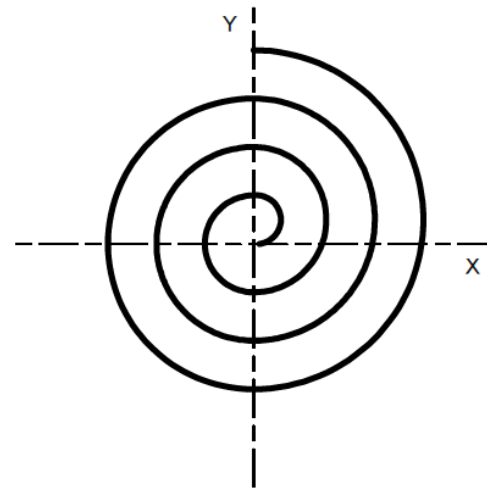
Verdichterarten

- Scroll / Spiral-Verdichter
- Schraubenverdichter
- Turboverdichter
- Thermischer Verdichter (Absorber)

Scroll/ Spiral-Verdichter

Kälteleistung pro Kompressor bis ca. 120kW

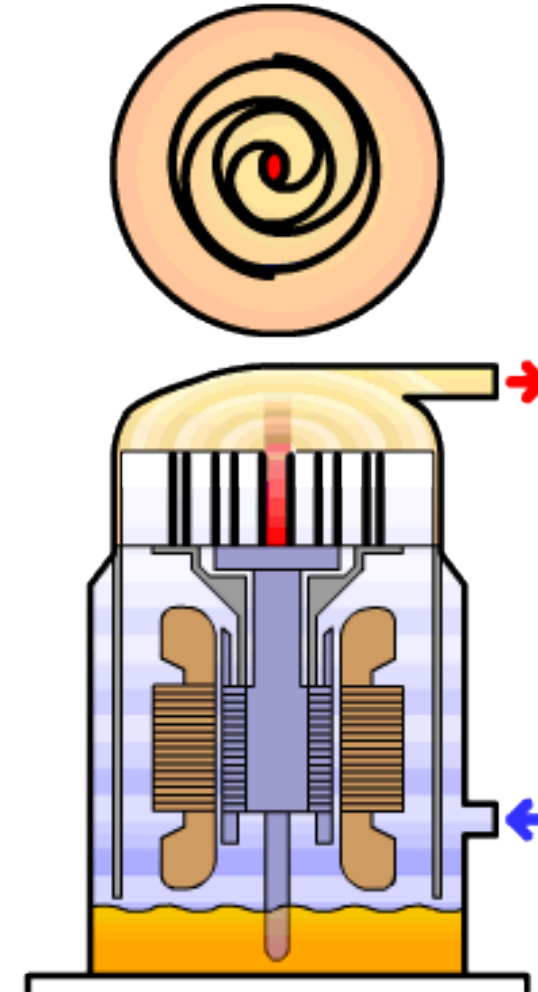
- Rotierender Verdichtungsprozess
- kontinuierliche Verdichtung
- geringe Geräusentwicklung
- geringe Vibrationen
- Wenig bewegliche Teile
- Zuverlässig



Scroll/ Spiral-Verdichter

Leistungsregelung

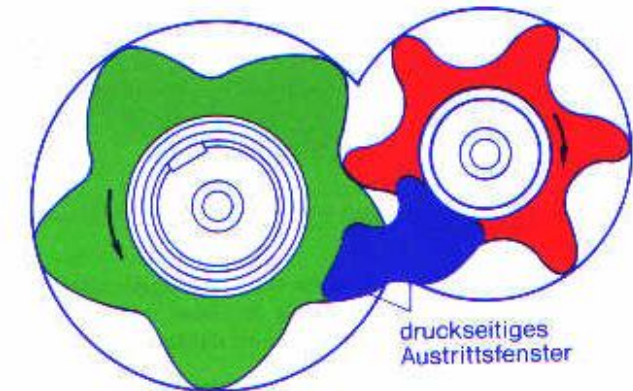
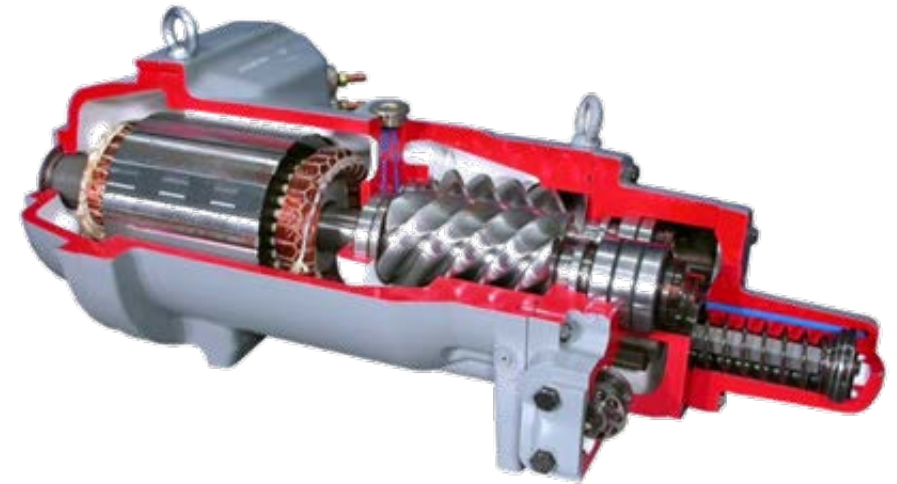
- Pulsweiten Modulation
 - Ein/Aus Kompressor
- Stufenschaltung
 - Zuschaltung mehrerer Kompressoren
- Digital Scroll
 - Anheben der Spirale
- Drehzahlregelung
 - Inverter (min. ca 35%)



Zwei-Rotor-Schraubenverdichter

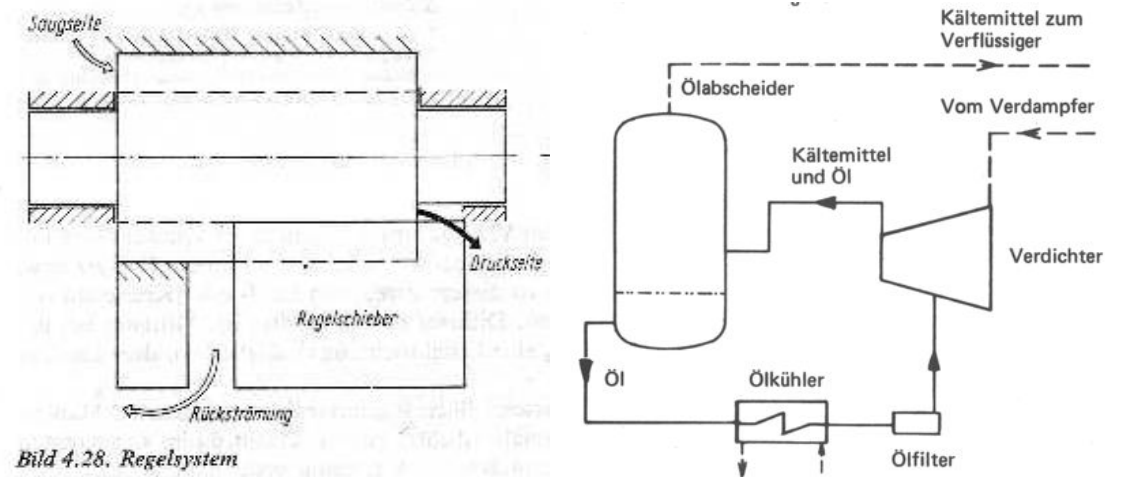
Kälteleistung pro Kompressor von 120-1000 kW

- Hohe Effektivität bei Voll- und Teillast
- hoher Motorwirkungsgrad
- Direkt-Antrieb der Rotoren (getriebelos)
- Rotorkonstruktion optimiert für luft- bzw. wassergekühlte Anwendungen
- Robust, da wenig bewegliche Teile
- Antrieb schneller als Abtrieb (Übersetzungsverhältnis meist 5/7)
- Leistungsregelung durch Ventile, Schieber oder/ und Drehzahlregelung

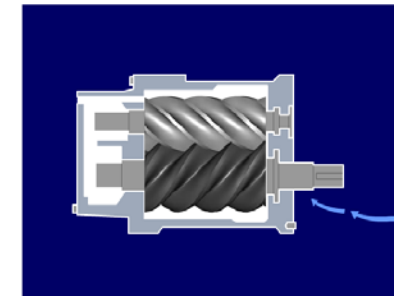
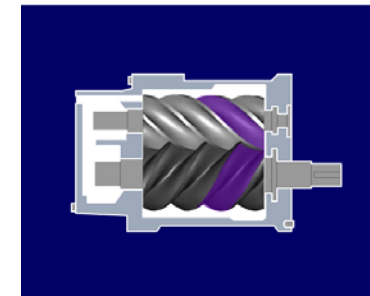
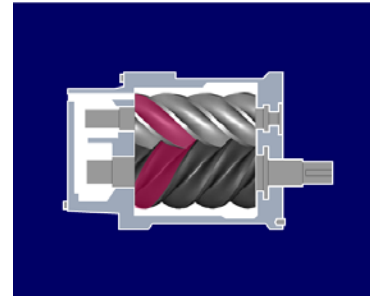
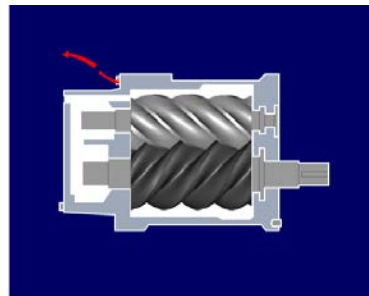


Zwei-Rotor-Schraubenverdichter

- Halbhermetisch, keine nach außen geführte Welle oder Achse
- Hohe Fertigungsqualität und Materialien
- Abdichtung über Öleinspritzung
- Ölabscheider im System, keine Ölpumpe notwendig
- Kompressorkonstruktion optimiert für jeweilige Anwendungen



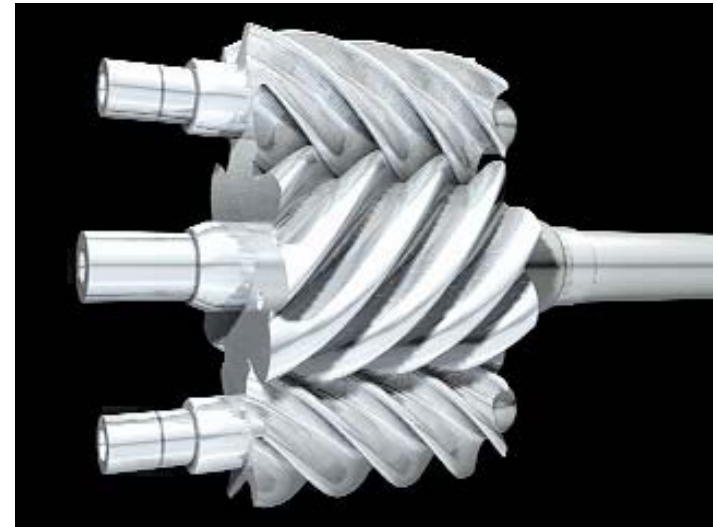
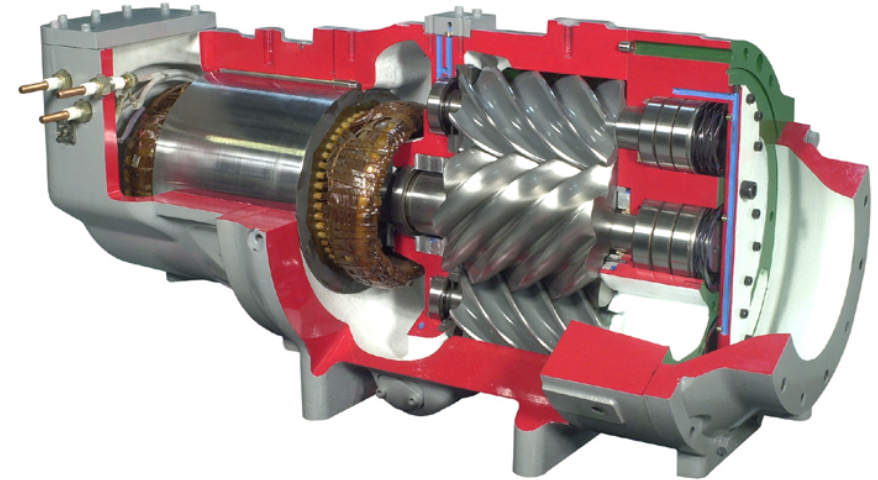
100240-globneco.exe



Drei-Rotor-Schraubenverdichter

Kälteleistung pro Kompressor von 800-2000 kW

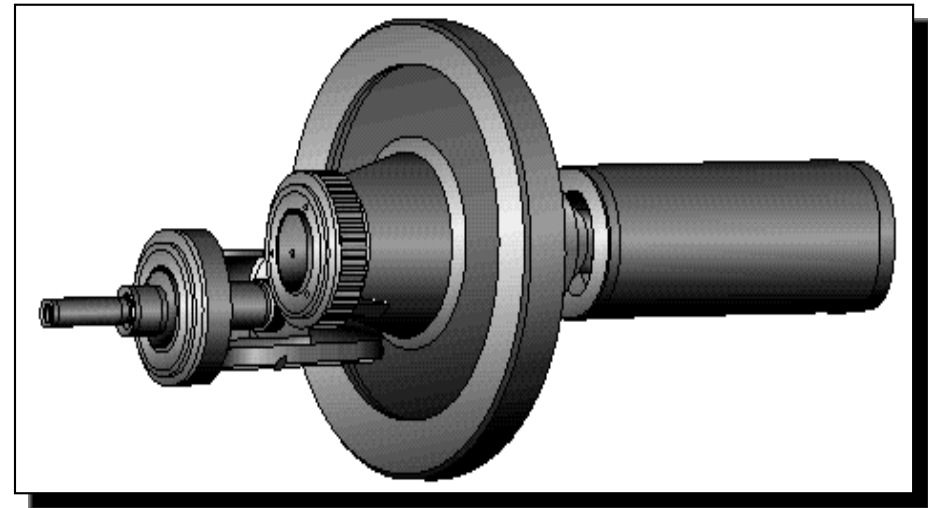
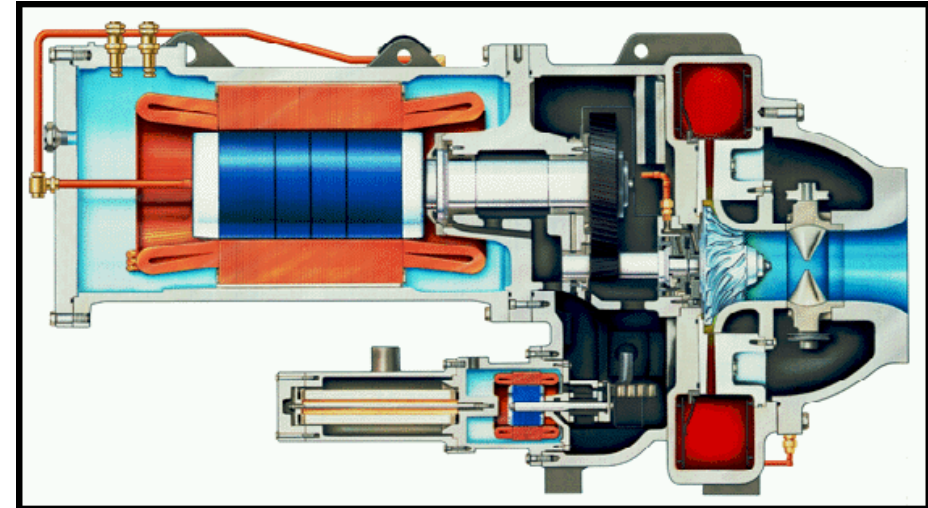
- Zwei Kompressionsprozesse treten gleichzeitig auf
- Kräfte am oberen Rotor sind gleich groß und entgegengesetzt zu den Kräften des unteren Rotors
- Dies führt zu erheblich reduzierter Belastung von Öl und Lagern
- Größere Dekompressionsräume – dies führt zu erhöhter Effizienz



Turboverdichter

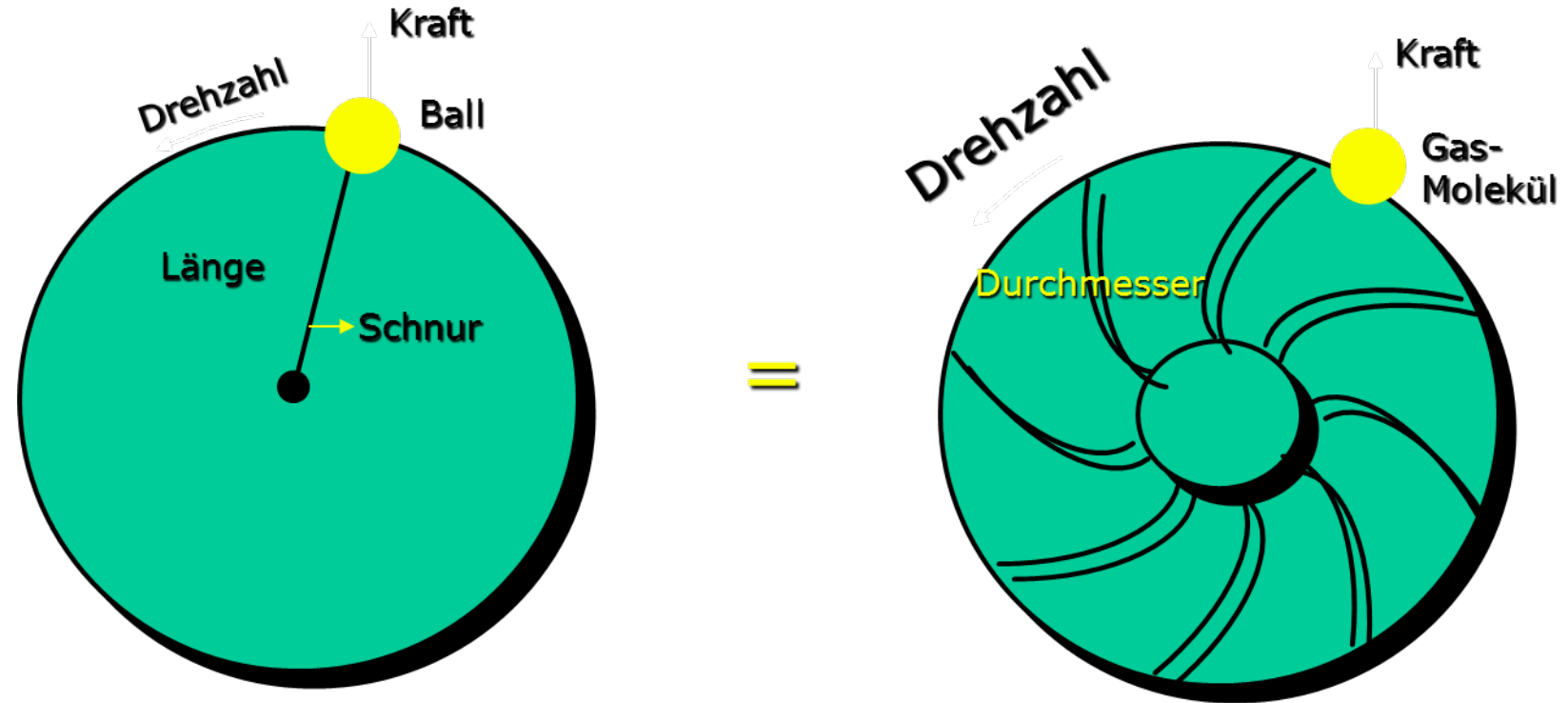
Kälteleistung pro Kompressor von >200 kW

- Halbhermetische Verdichter (Kältemittel & Ölverluste = 0)
- Hocheffiziente, dynamische Verdichtung durch Strömungsmaschine
- Lagerungen zentral, ohne Ausrichtungsschwierigkeiten
- Drucklager mit beweglichen Segmenten (z.B. Kingsbury)
- Kältemittelgekühlte Elektromotoren
- Leistungsregelung mittels verstellbaren Leitschaufeln und frequenzgeregelten Motoren



Turboverdichter

Funktionsprinzip



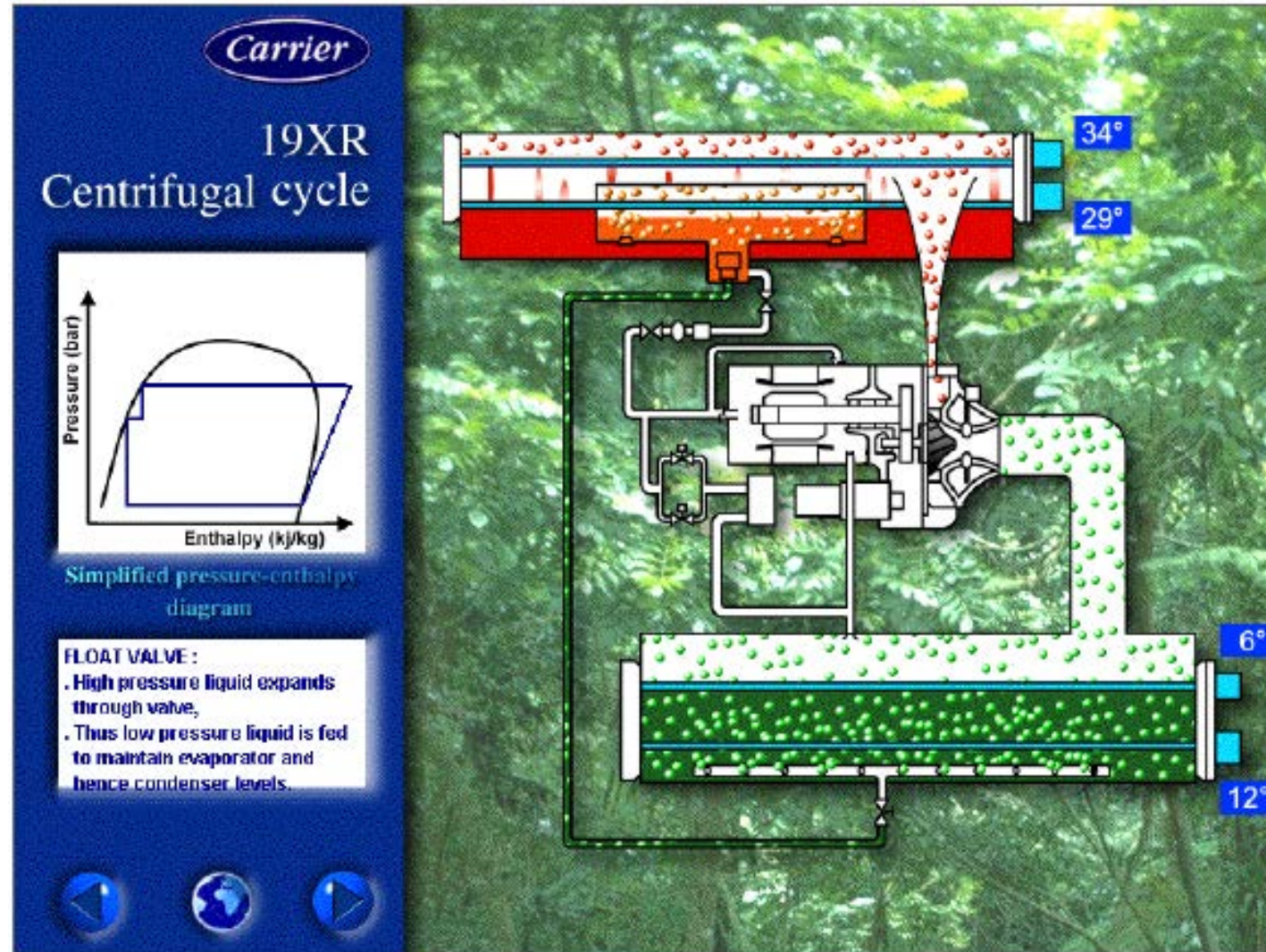
- Höheres Gewicht (Molekulargewicht) = höhere Kraft
- Längere Schnur (Durchmesser) = höhere Kraft
- Höhere Geschwindigkeit = höhere Kraft

Turboverdichter

Funktionsprinzip



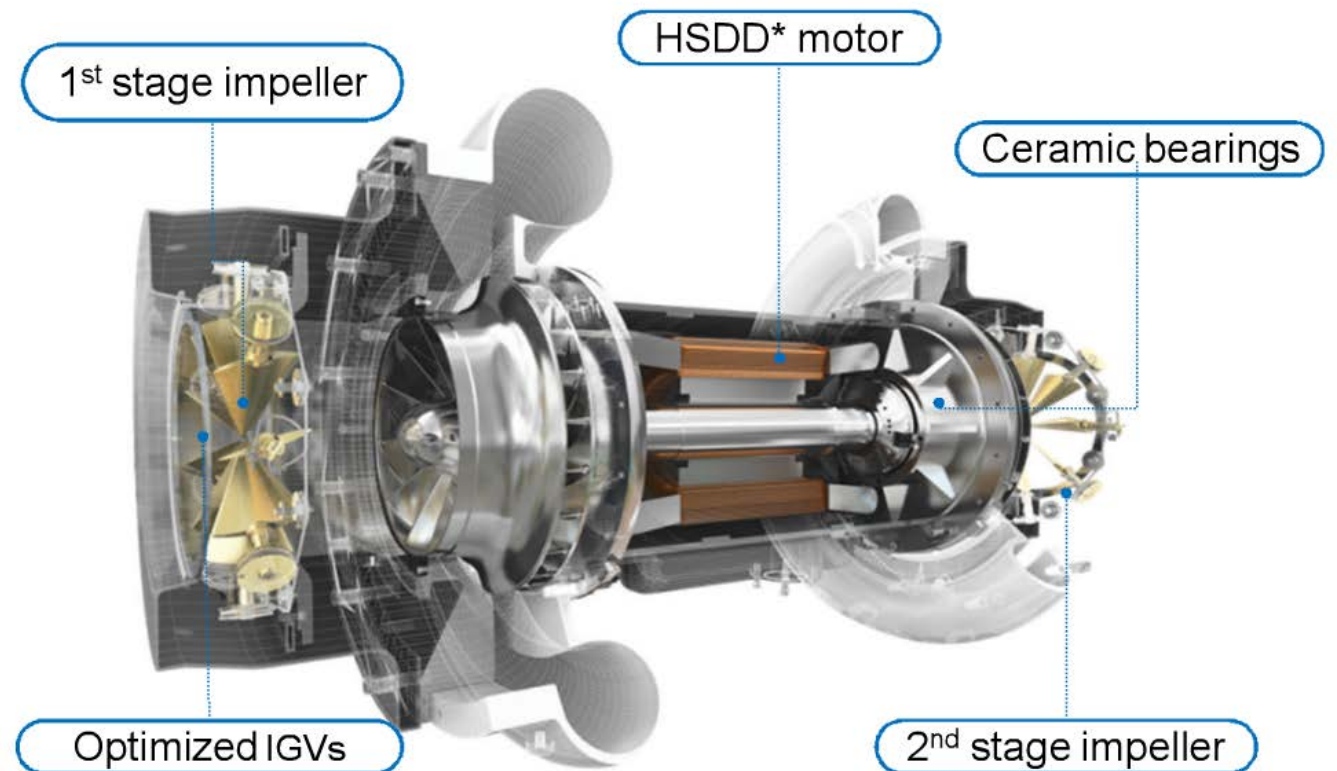
100241-cen19xr.exe



Turboverdichter

NEU: ölfreier, keramikgelagerter Turboverdichter 2.000 – 3.500 kW

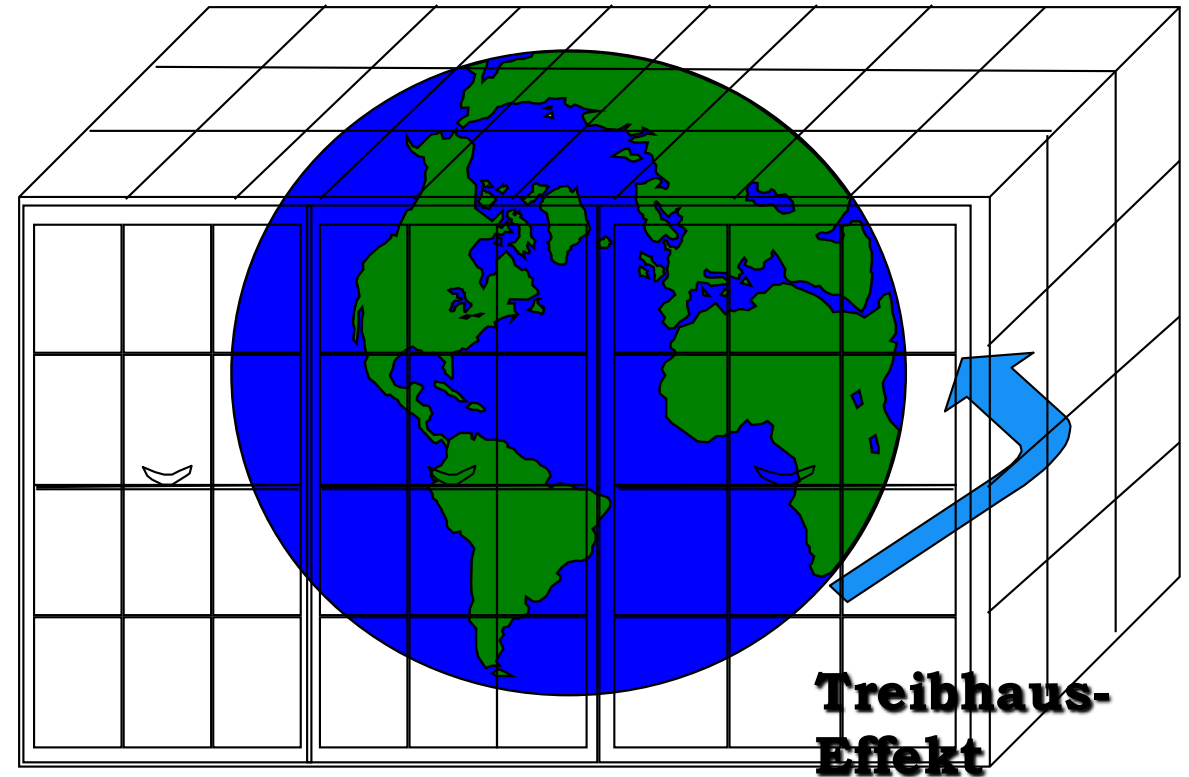
- Hermetisch, 2-stufig auf einer Welle
- HSDD-Motor OHNE Getriebe
- 30% weniger strömungstechnische Bauteile
- Optimierte Eintritts-Leitschaufeln je Stufe für exzellente Teillast-Effizienz
- Motor beidseitig gelagert
- Ausgeglichene Axial- und Radial-Schubkraft an den Wellen



Thermischer Verdichter - Absorber

Kälteleistung ab ca. 50 kW

- Natürliches Kältemittel: WASSER
- Absorbionsmittel: LiBr - hygroskopisch
- Ideal für die Nutzung „überflüssiger“ Wärme geeignet, wie z.B.:
 - BHKW – Sommer
 - Sommer-Dampf (Stadtwerke)
 - Prozessabwärme (Glas-, Reifenherstellung)
 - Solares Kühlen
- Sehr kleine elektrische Leistungsaufnahme
- Sehr langlebig
- Aktuell förderfähig bis 500 kW Kälteleistung



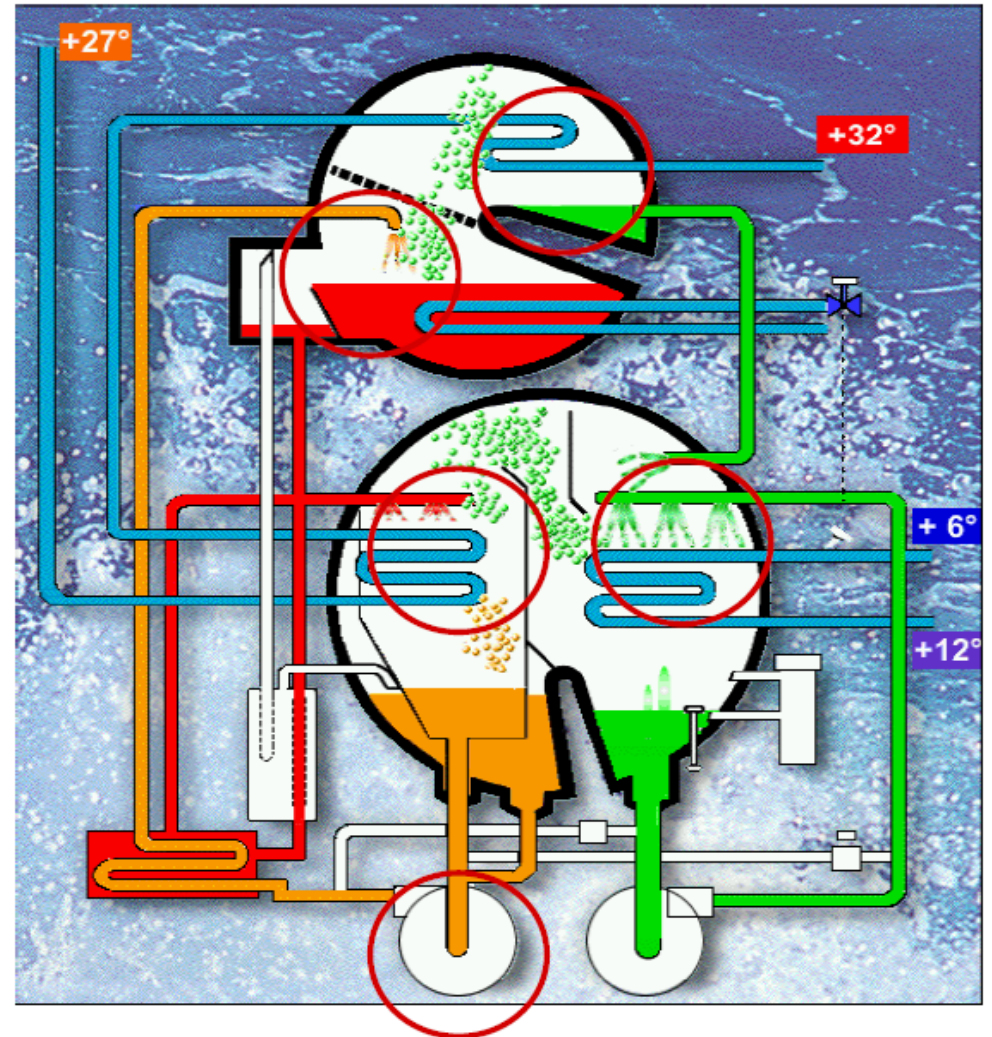
Thermischer Verdichter - Absorber

Kälteleistung ab ca. 50 kW

- Kälteerzeugung im Verdampfer durch verdampfen von flüssigem Kältemittel (tiefer Druck + tiefe Temp.)
- Kältemittel geht im Absorber in Lösung (Verdichtung)
- Druckerhöhung durch Solepumpe
- Austreiben von Kältemittel im Generator („hoher“ Druck + hohe Temperatur)
- Verflüssigen des Kältemittels im Verflüssiger
- Wärmeverhältnisse (COP) von 0,4...0,8



100243-absorpt.exe



Thermischer Verdichter - Absorber

Single Effect Double Lift

- 16JLA
 - Kaltwasser 11...5 °C
Kühlwasser 40...45 °C EG 34% trockenes RKW
Warmwasser 85...65 °C
COP 0,38
- 16JLB
 - sehr hohe Warmwasserspreizung
Kaltwasser 11...5 °C
Kühlwasser 27...37 °C EG 34%,
Verdunstungskühlung!
Warmwasser 125...55 °C bzw. 80...55 °C
Max. 135 °C, Min. 50 °C; MAX. ca. 70 K
COP 0,65
- 16LJD
 - Kaltwasser 6...1 °C
Kühlwasser 27...37 °C EG 34%,
Verdunstungskühlung!
Warmwasser 90...65 °C
COP 0,41



Energiesparende Komponenten

- Optimierte Wärmeaustauscher
- Elektronische Expansionsventile
- Unterkühlungseinrichtungen (Economizer)
- Frequenzgeregelte Elektromotoren (Pumpen, Lüfter, Kompressoren)
- Freie Kühlung
- Wärmerückgewinnung
- Nutzung der kalten oder warmen Seite (Wärmepumpenbetrieb)

Energiesparende Komponenten

Micro Chanel Heat Exchanger – Sichere, zuverlässige Technik

- Technologie wird seit 20 Jahren genutzt

für

- Automobile
- Industrie-Maschinen
- Landwirtschaftliches Gerät

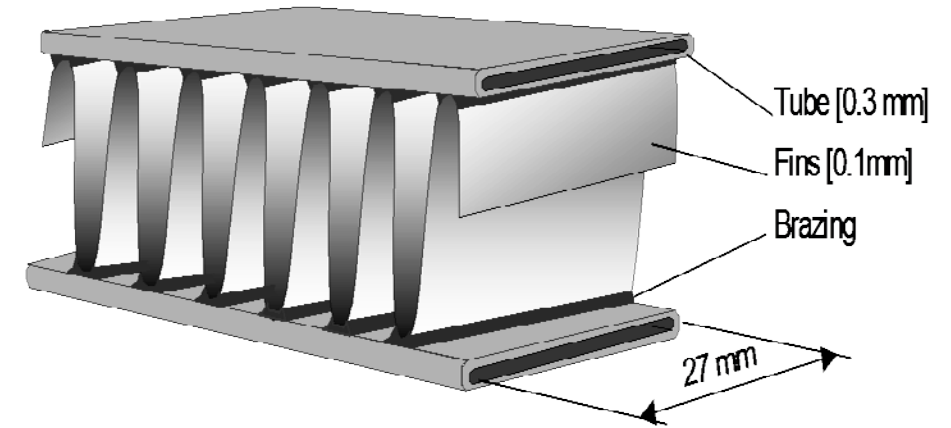
- Carrier seit 2006



Energiesparende Komponenten

Micro Chanel Heat Exchanger – Konstruktion

- Einreihiger Aufbau
- Stranggepresste Aluminiumprofile mit Aluminiumlamellen (Einstoffbauweise)
- Geringe Coil-Tiefe ca. 27mm
- Vorteile gegenüber traditioneller Cu/Alu Bauweise
 - Weniger Gewicht = 50% (ca. 35kg pro coil)
 - Um 10% besserer Wirkungsgrad bei gleicher Wärmeaustauscherfläche
 - Korrosionsbeständig (Einstoffbauart)
 - Um 30% reduzierte Kältemittelfüllung



Kanalquerschnitt = 0.79mm

Energiesparende Komponenten

Micro Chanel Heat Exchanger – Vorteile

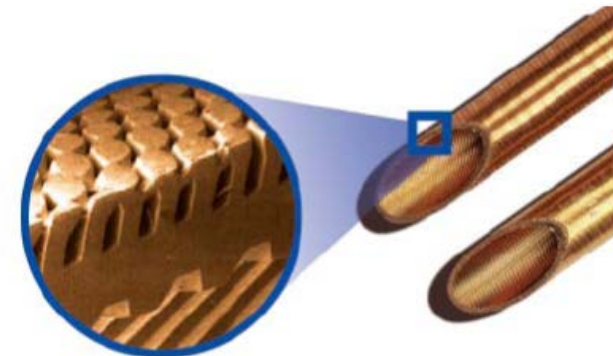
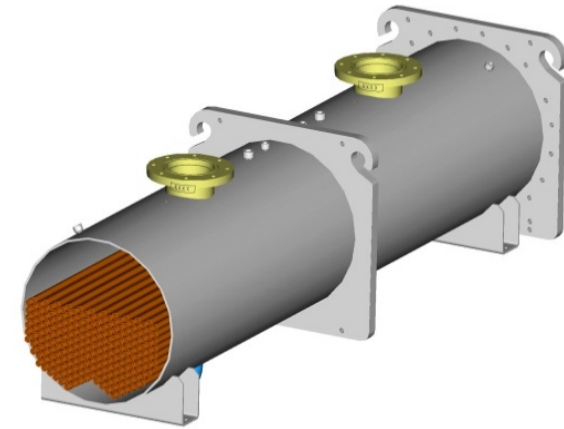
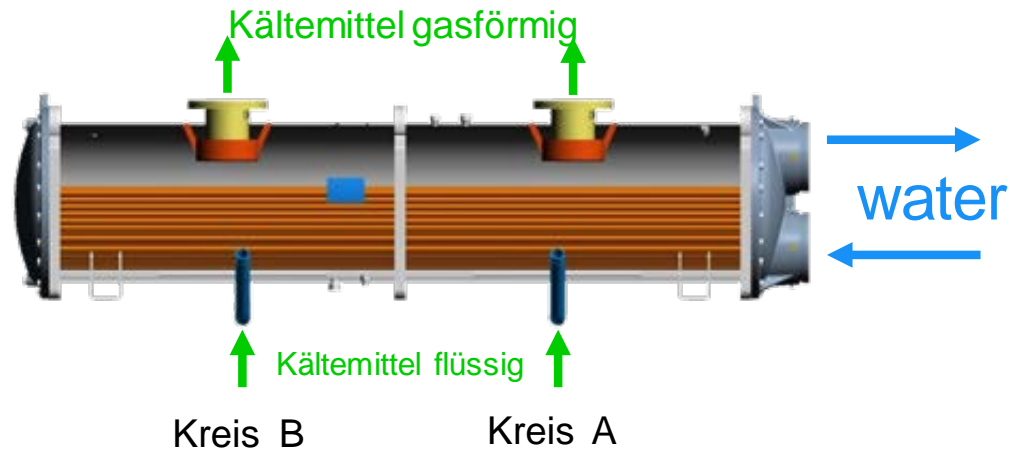
- Korrosion MCHX gegenüber RTPF (unbeschichtet)
- Marine & industrielle Umgebung: leicht verschmutzt x 3.5 besser
- Marine & industrielle Umgebung : stark verschmutzt
- Identisch zur Alternative Cu/Al coil mit Beschichtung oder Cu/Cu)
- MCHX - Das Coil kann mit einen Dampfstrahler gereinigt werden. maximaler Druck < 69 Bar
- Cu / Al - Reinigung mit einem Wasserschlauch, maximaler Druck < 2 Bar



Energiesparende Komponenten

Überflutete Wärmeaustauscher

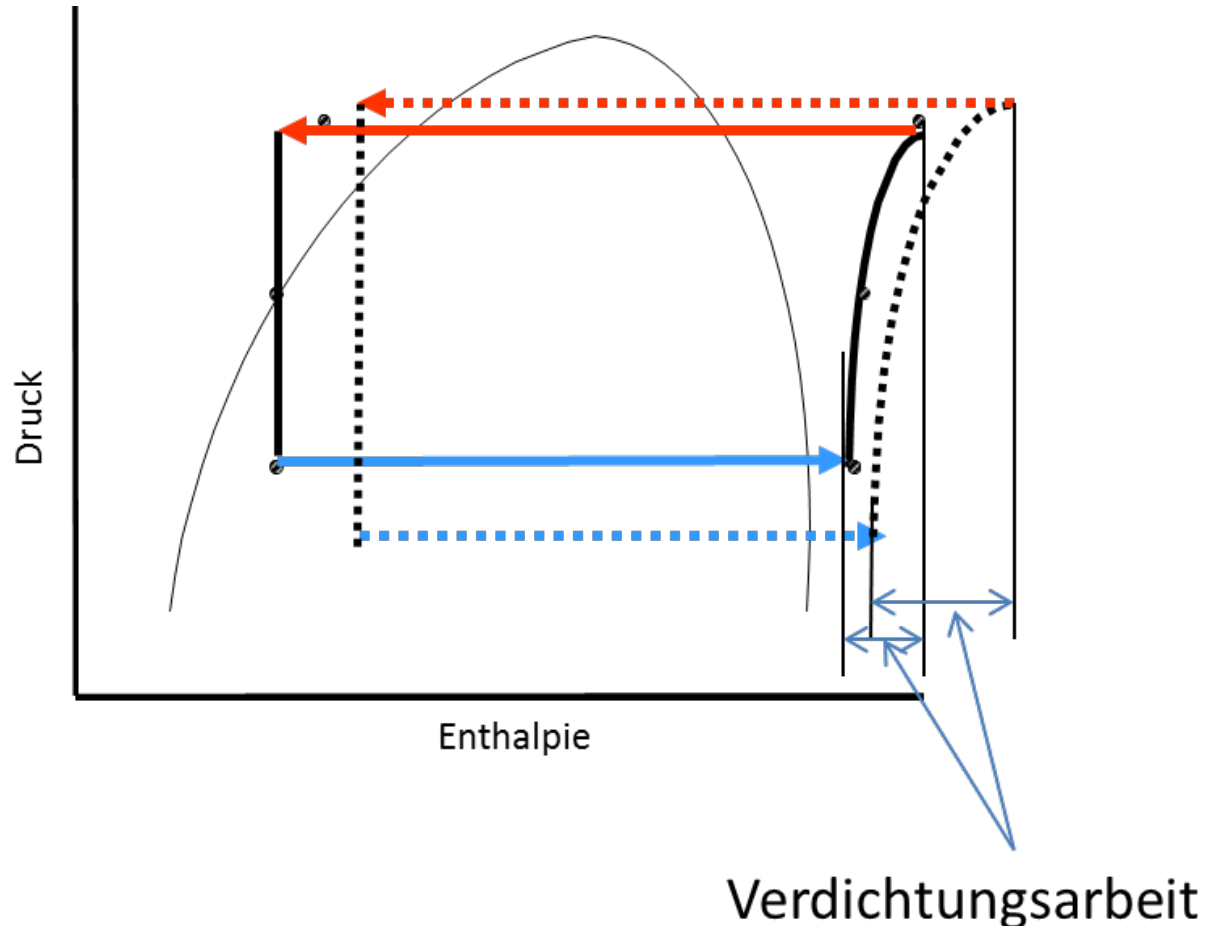
- Überflutetes Prinzip → Rohr eingetaucht in Kältemittel
- Rohrgeometrie mit Micro-Profil
 - maximaler Wärmeaustausch
 - geringerer wasserseitiger Druckverlust



Energiesparende Komponenten

Überflutete Wärmeaustauscher

- Geringe Verdichtungsendtemperatur
- Kleinste Überhitzung
- Beste Annäherungswerte ($< 1 \text{ K}$)
- Damit kleinstmöglicher Differenzdruck zwischen Verdampfungs- und Kondensationsdruck
- Minimaler Arbeitsaufwand zur Kälteerzeugung
- Wasser in den Rohren \rightarrow Einfache Reinigung



Energiesparende Komponenten

Fallfilmverdampfer (Niederdrucksystem)

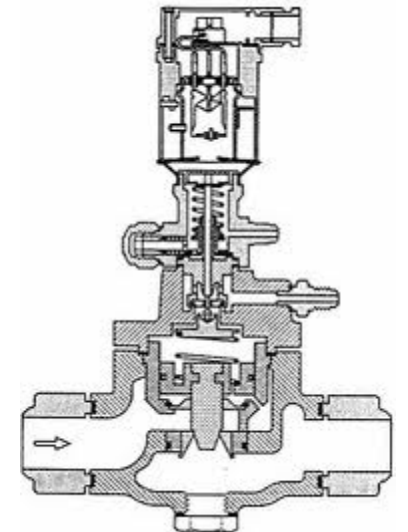
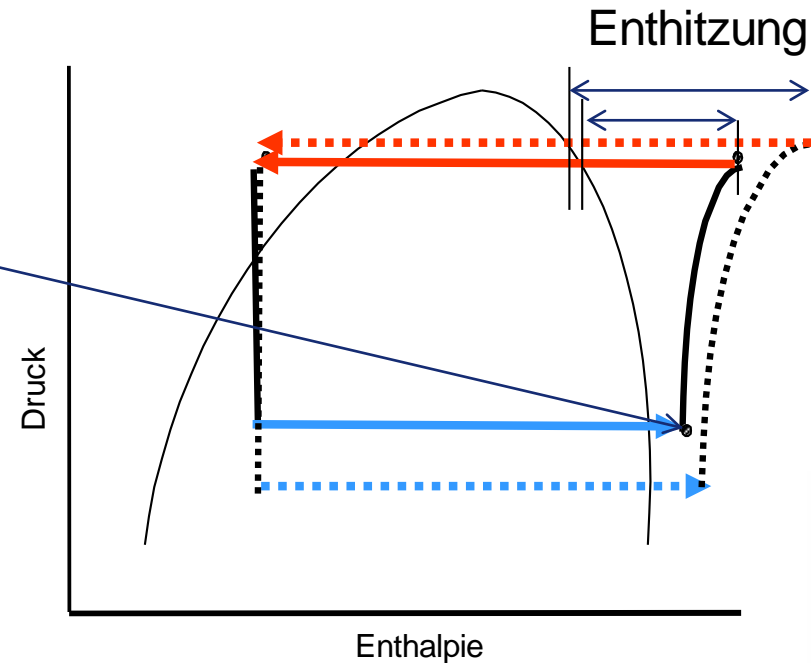
- Kältemittel größtenteils dampfförmig → wenig Masse (10...15% niedriger)
- Höhere Wärmeübertragungsleistung
 - Taucheffekt (niedrigere gesättigte Sauggastemperatur, niedrigerer Dampfentweichungs-Druckverlust)
- Bessere Annäherungstemperaturen 0,6 K



Energiesparende Komponenten

Elektronische Expansionsventil EEV

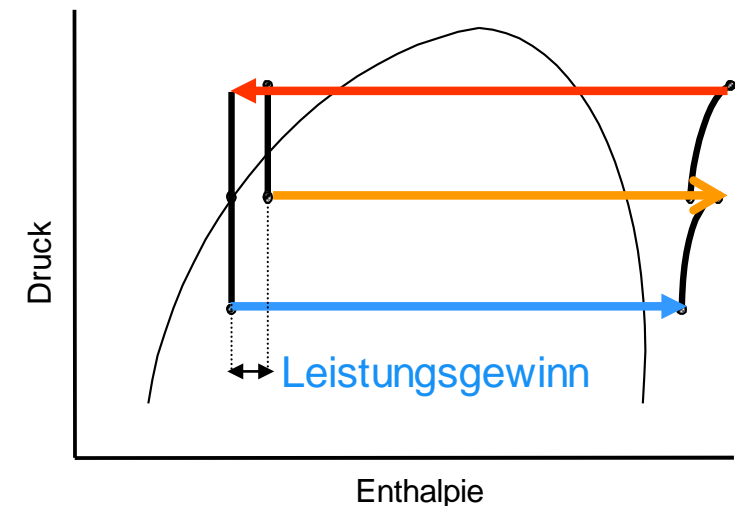
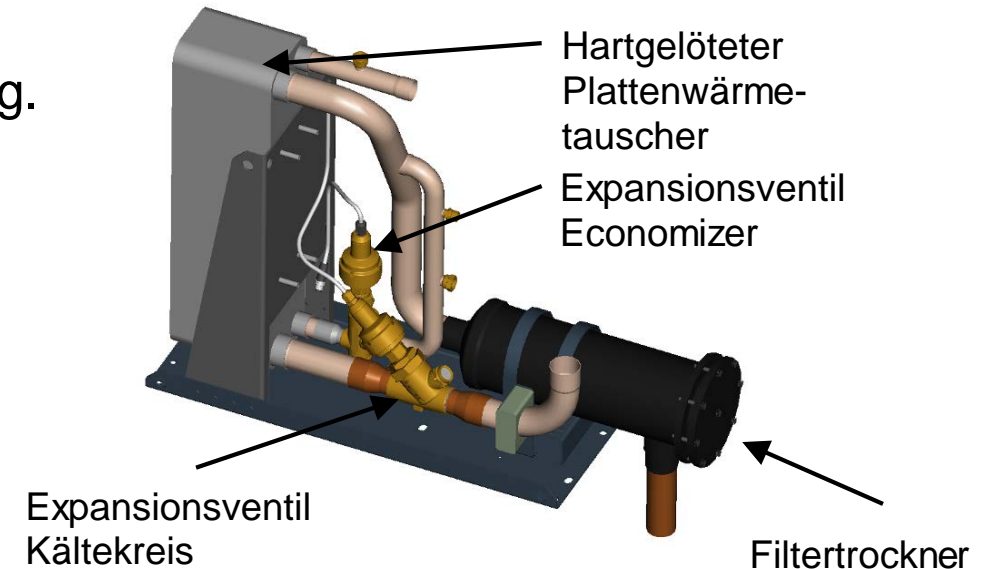
- Geringe Überhitzung → geringe Verdichtungsendtemperatur
- Daraus ergibt sich eine geringere Enthitzung vor der Kondensationsphase
- Kleinere Wärmetauscherflächen



Energiesparende Komponenten

Economizer

- Verbessert die Systemgüte durch Erhöhung der Kälteleistung.
- Die Baugruppe enthält:
 - elektronisches Expansionsventil zur Regelung der Kälteleistung
 - elektronisches Expansionsventil zur Regelung des Economizers
 - Filtertrockner
 - hartgelöteter Plattenwärmetauscher



Energiesparende Komponenten

Elektronische Drehzahlregelung - Grundlagen

$$V1/V2 = n1/n2$$

$$H1/H2 = (n1/n2)^2$$

$$P1/P2 = (n1/n2)^3$$

V = Förderstrom [m³/h]

n = Pumpendrehzahl [U/min]

H = Förderhöhe [bar]

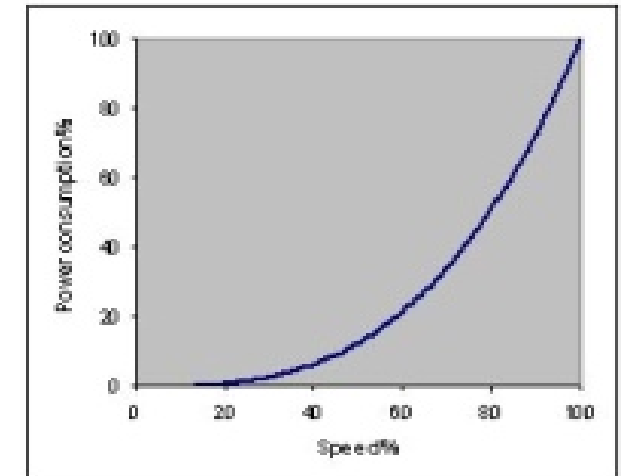
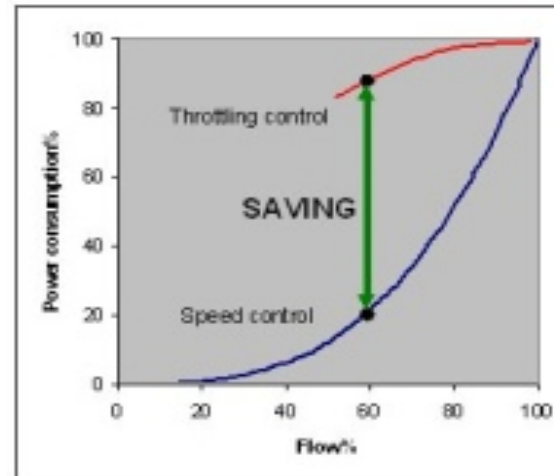
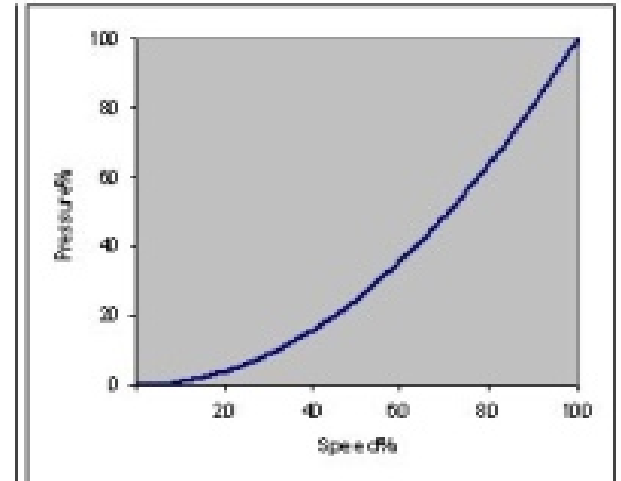
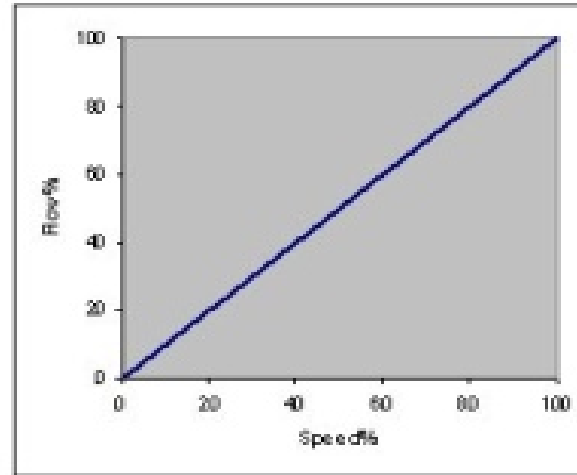
P = Leistung [kW]

Aus den Gleichungen geht hervor, dass durch eine Reduzierung der Pumpendrehzahl um 50%,

der Förderstrom ebenfalls um 50 % abnimmt.

Die Förderhöhe hingegen sinkt auf 25 %

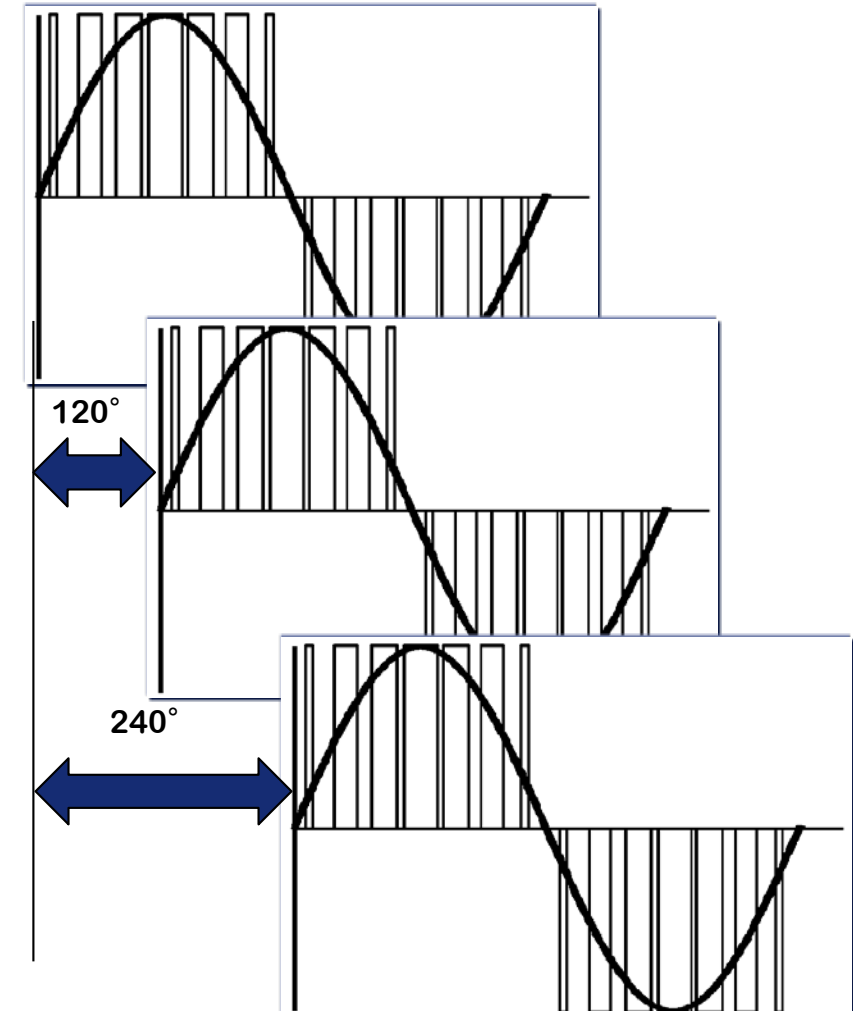
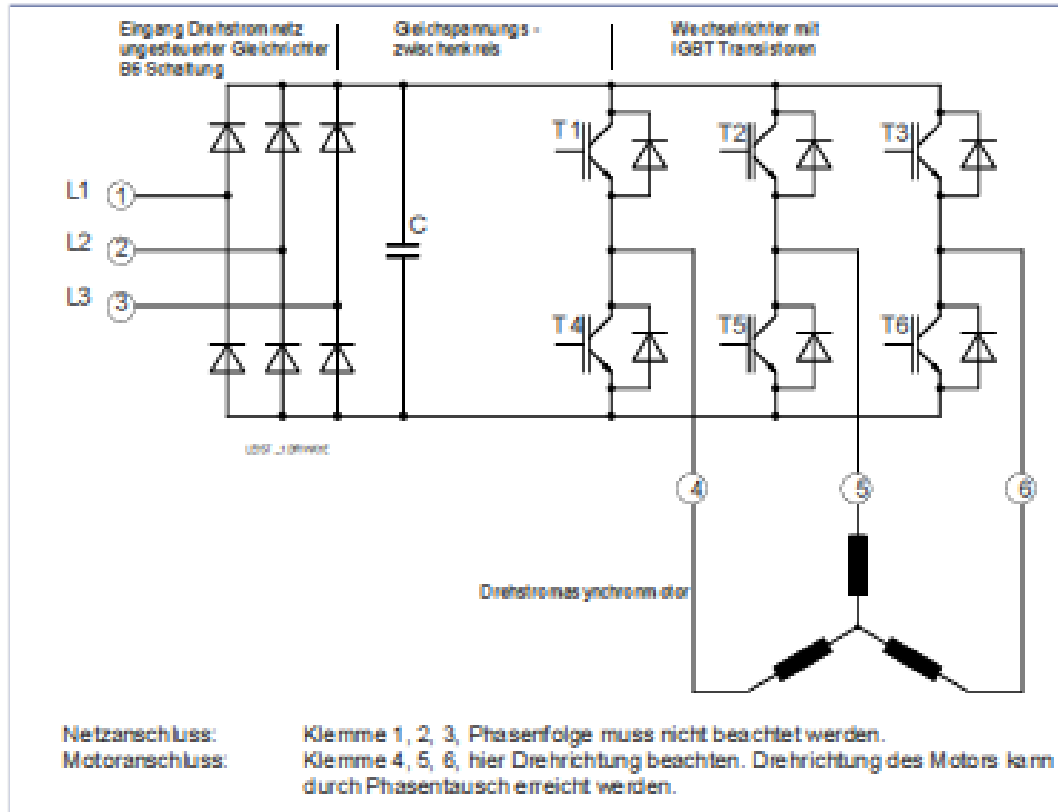
Die Leistungsaufnahme auf 12,5 %.



Energiesparende Komponenten

Elektronische Drehzahlregelung - Funktion

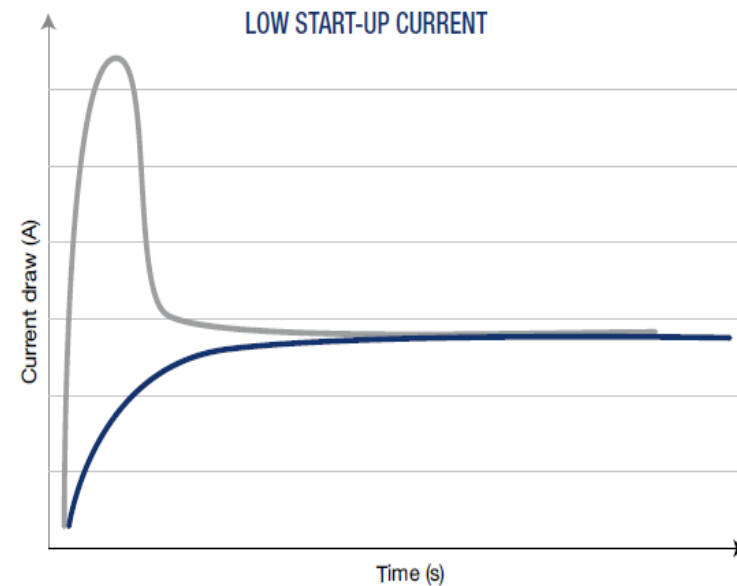
Erzeugung von Quasi Sinuswellen über Pulsweitenmodulation



Energiesparende Komponenten

Elektronische Drehzahlregelung – Vorteile

- $\cos \Phi \geq 0.98 \rightarrow$ Blindstrom vernachlässigbar
- niedrige Anlaufströme, immer kleiner als maximaler Betriebsstrom
- variable Drehzahl
- Optimierung des Teillastwirkungsgrades (nur so viel Volumenarbeit wie notwendig)



Energiesparende Komponenten

Elektronische Drehzahlregelung – Elektromagnetische Verträglichkeit

Harmonische Oberwellen

- Rückwirkungen auf das Versorgernetz, sogenannte harmonische Oberwellen, können die Funktion elektronischer Geräte stören.
- Gesamte harmonische Verzerrung THD-Wert (Total Harmonic Distortion) beträgt 35-40% bei Vollast.

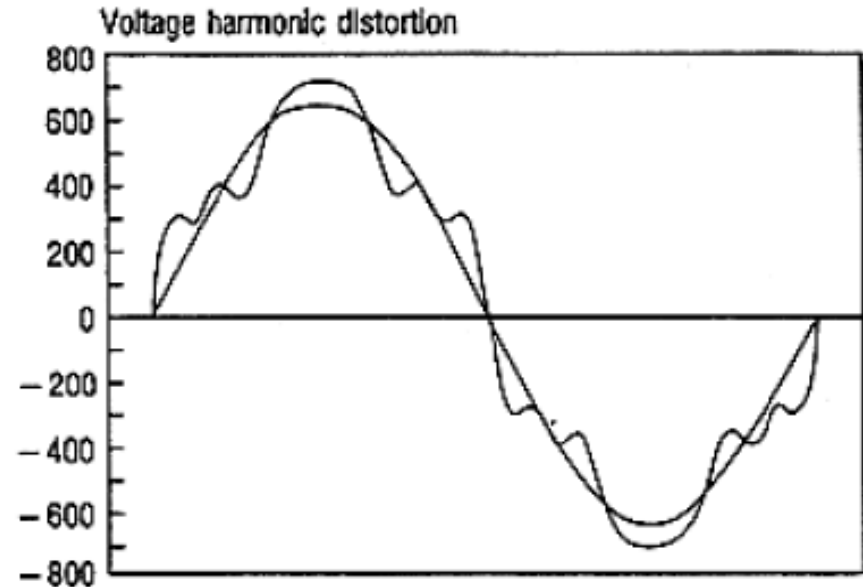


Figure 4. - This very badly distorted (18% THD) voltage waveform has 15% 5th harmonic, 6% 7th harmonic, 6% 11th harmonic, and 4% 13th harmonic.

Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Klimatische Bedingungen (DIN 4710)

DIN 4710:2003-01

Zone	Referenz
1	Bremerhafen
2	Rostock
3	Hamburg
4	Potsdam
5	Essen
6	Bad Marienberg
7	Kassel
8	Braunlage
9	Chemnitz
10	Hof
11	Fichtelberg
12	Mannheim
13	Passau
14	Stötten
15	Garmisch-Partenkirchen

Karte — Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in 15 Klimazonen für die Belange der Heiz- und Raumlufttechnik (Zonenkarte)

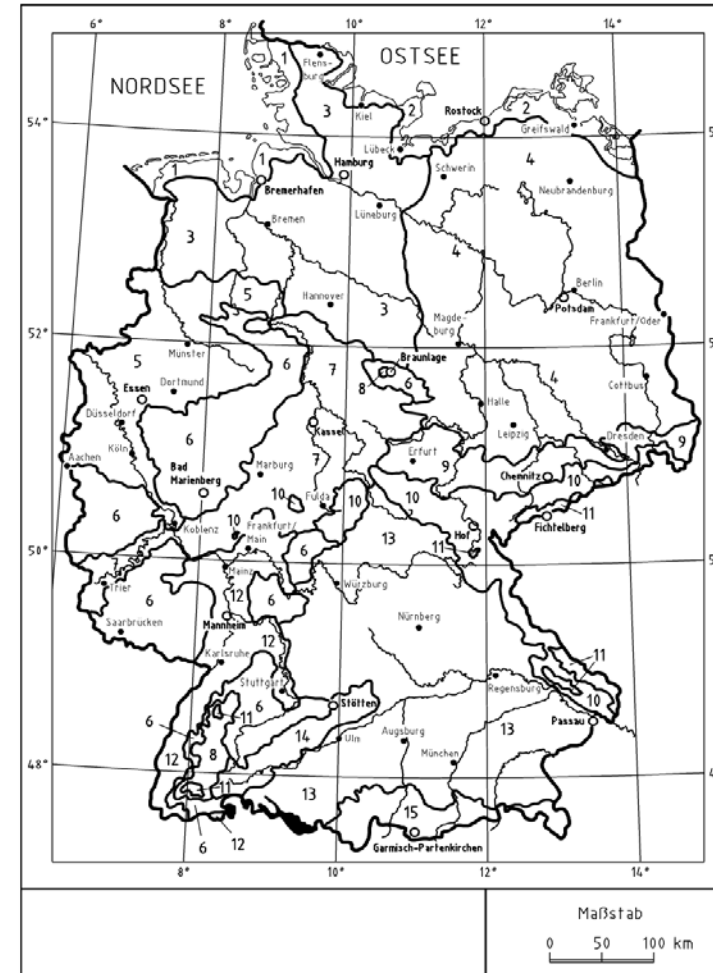
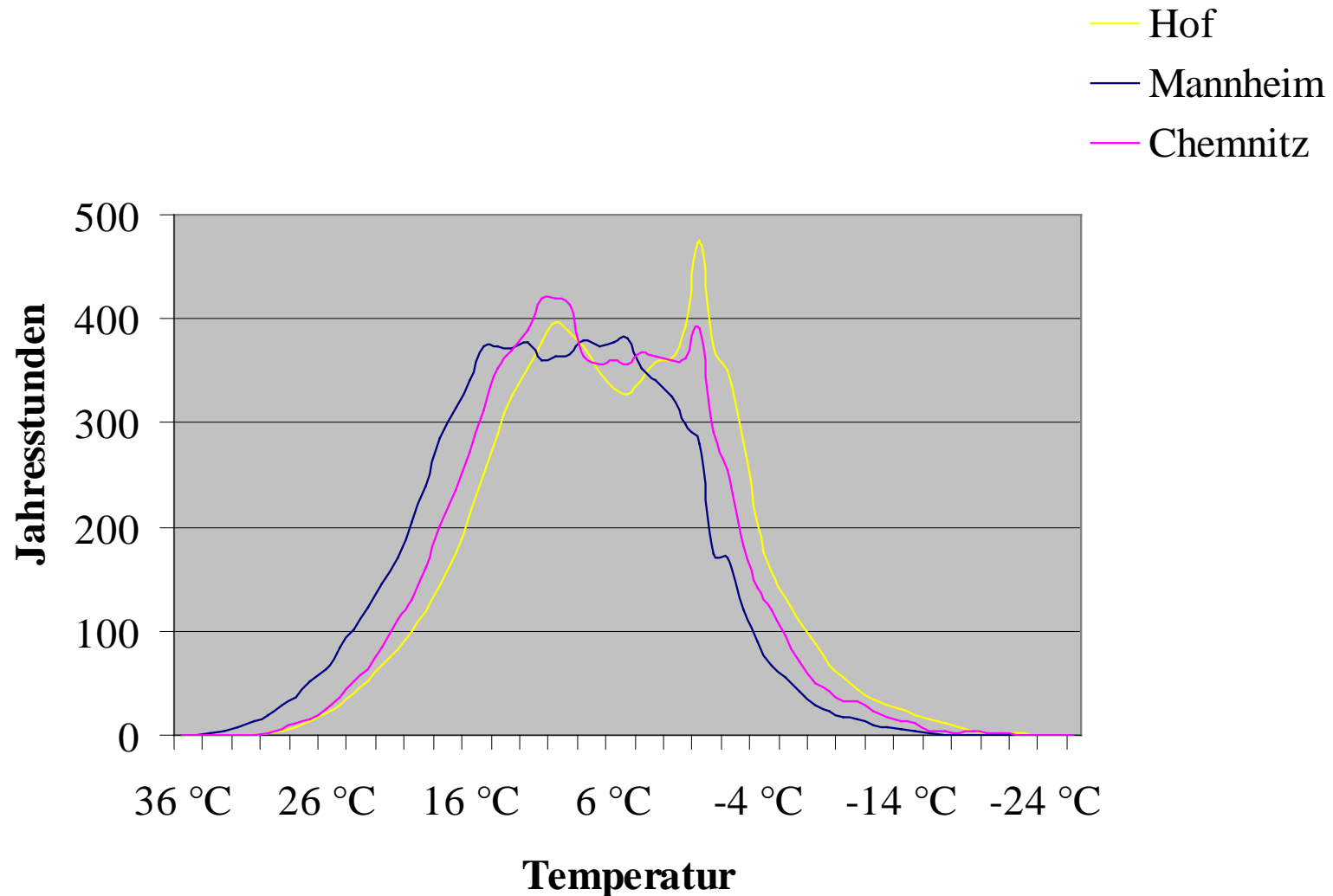


Bild 1 — Zonenkarte

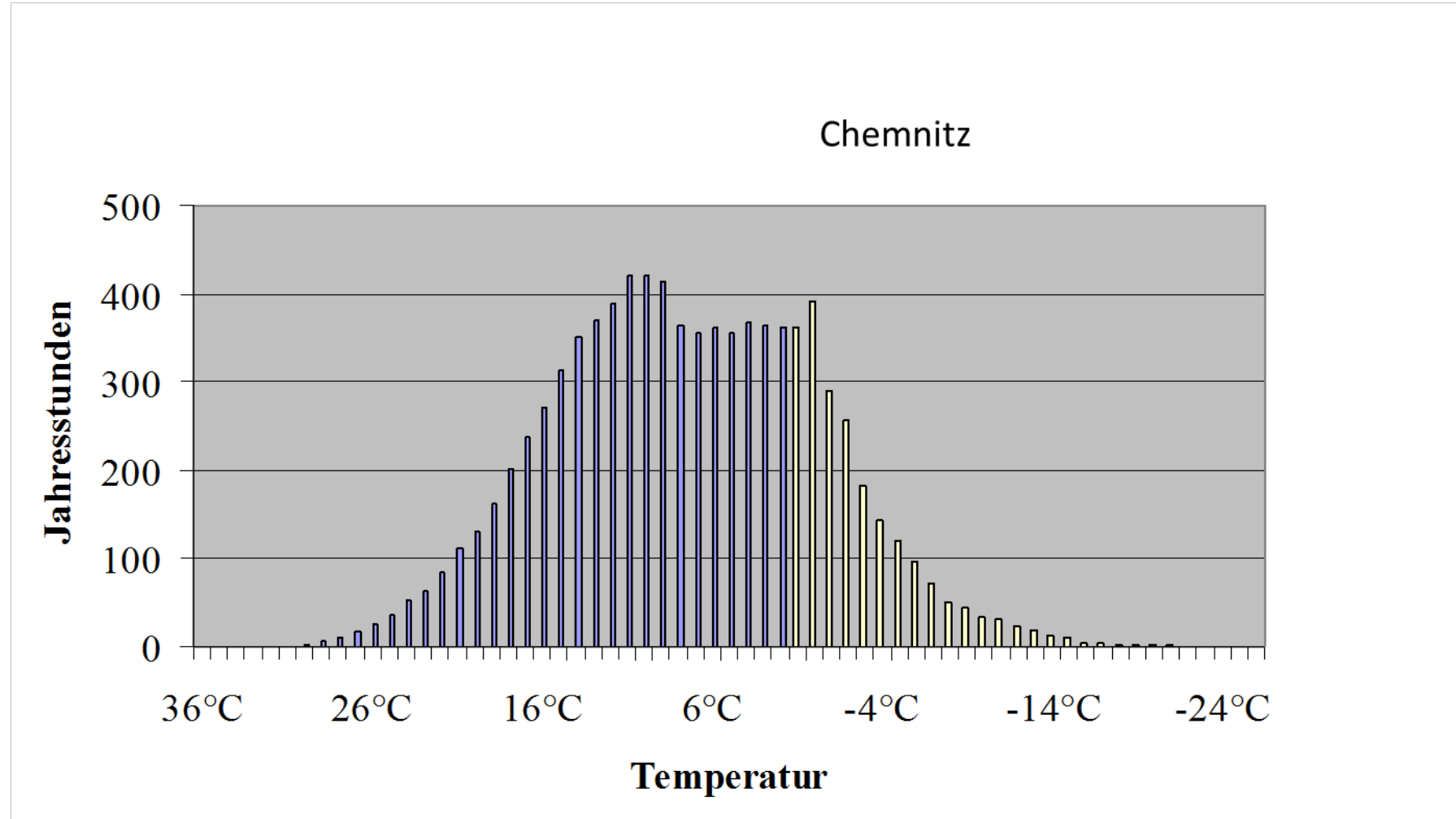
Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Statistische Jahrestemperaturverteilung



Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Anwendung Freie Kühlung

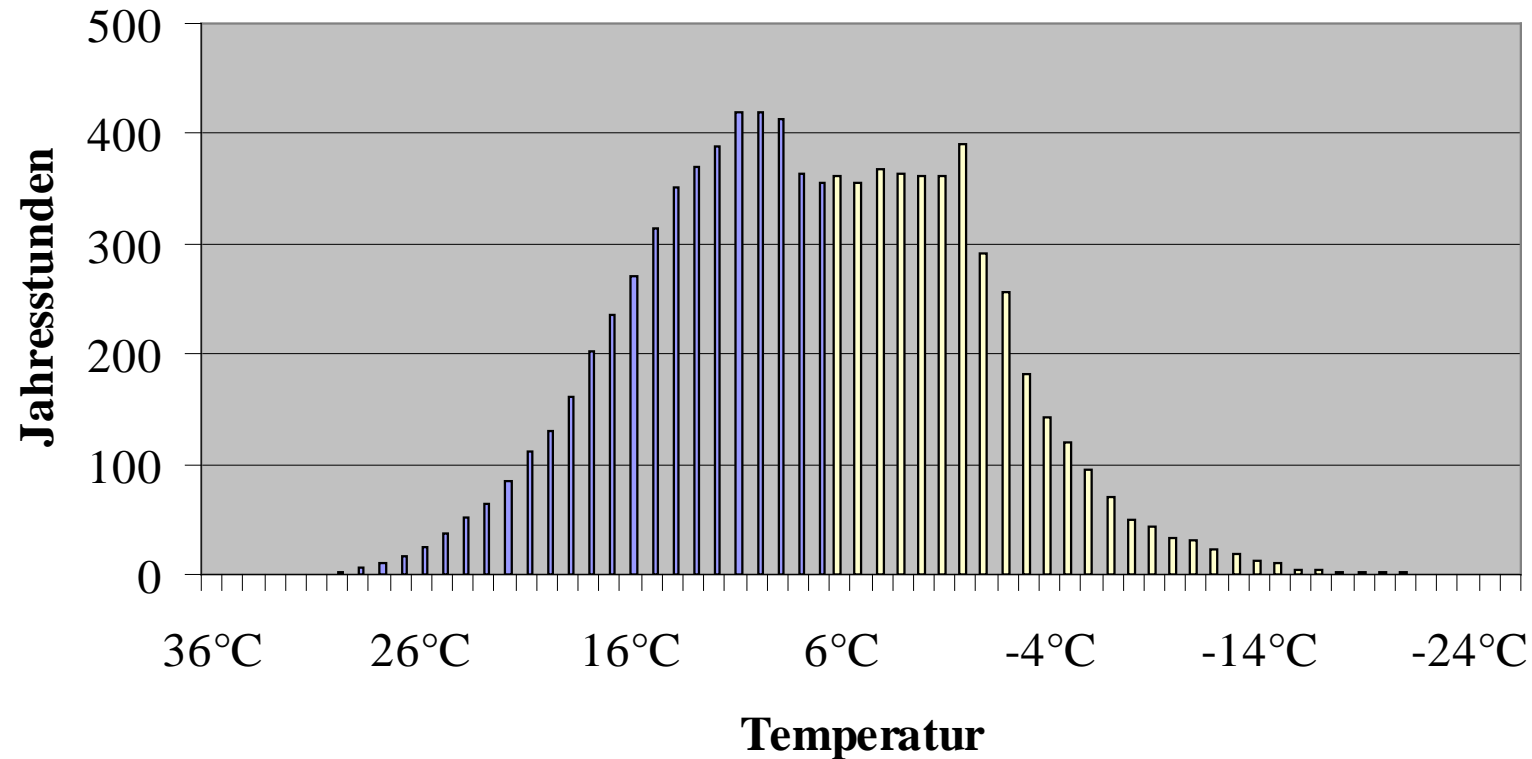


Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Anwendung Freie Kühlung

- Erhöhung des Sollwertes erhöht die Zahl der Betriebsstunden freie Kühlung
- Von 7°C auf 12°C bis zu 1700h

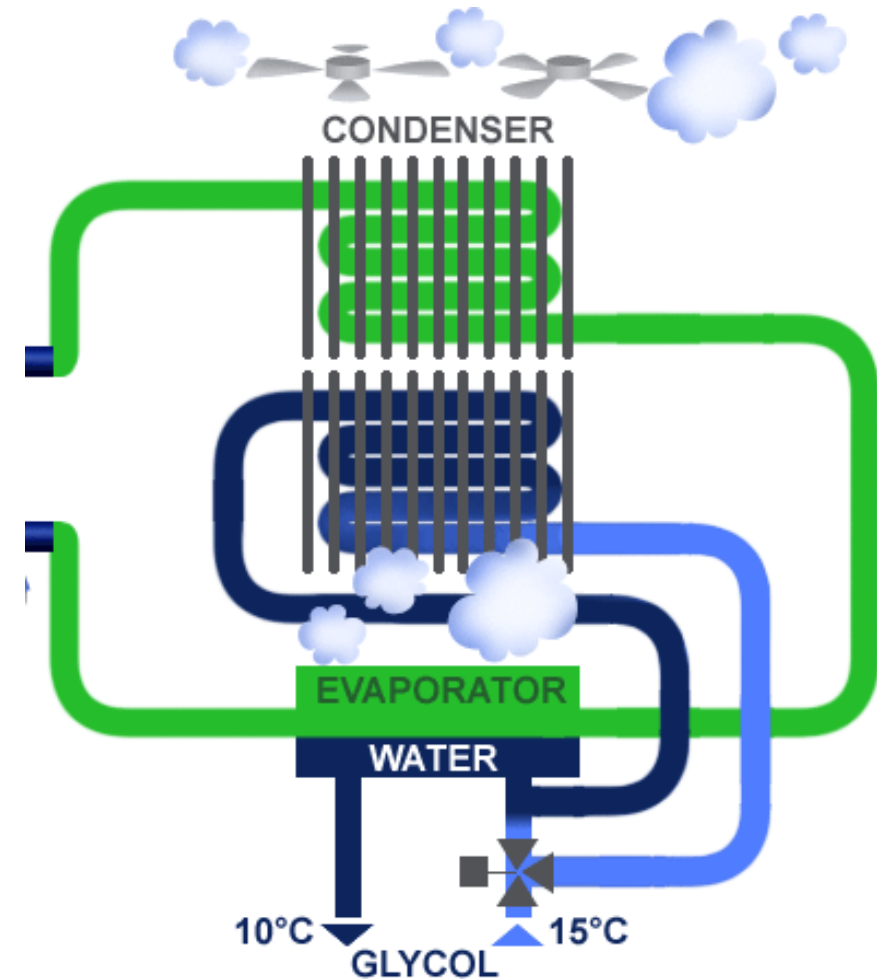
Chemnitz



Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Konventionelle Freie Kühlung

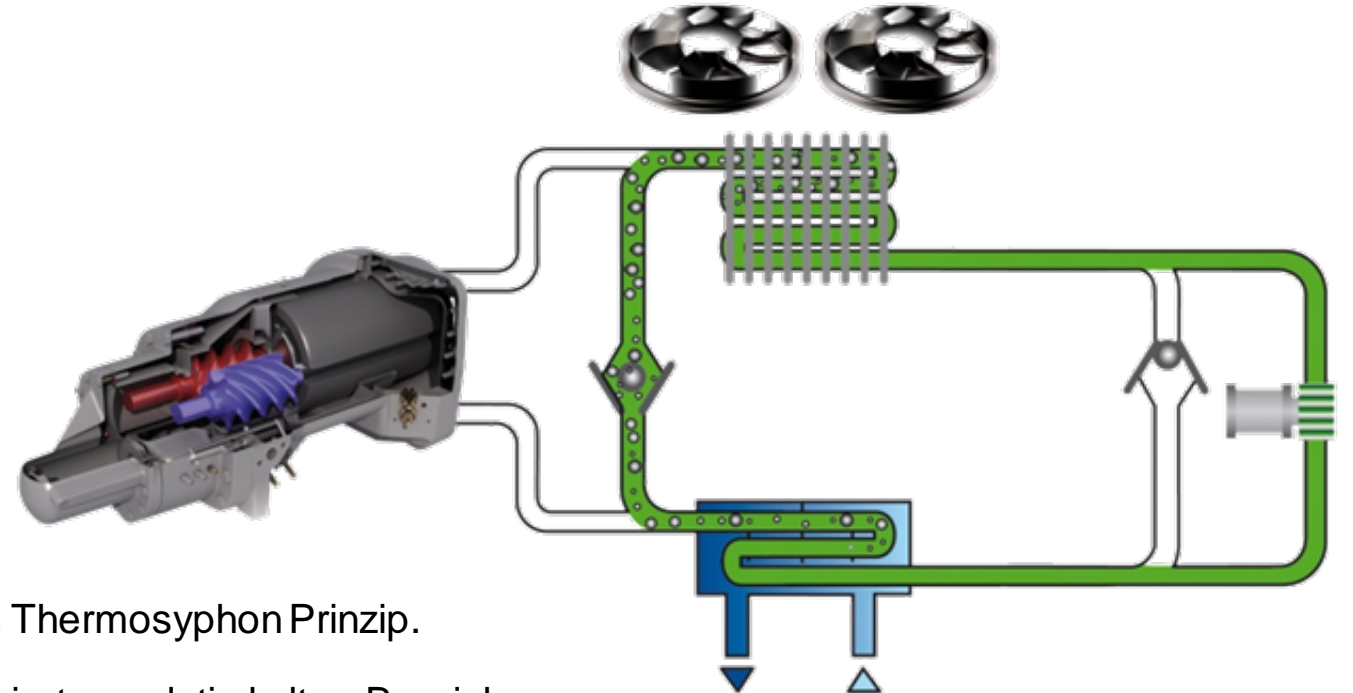
- Schwachpunkte
 - Höhere Betriebskosten der Pumpen auf der Kaltwasserseite
 - Permanent höhere Leistungsaufnahme der Lüfter
 - Größere Abmessungen und höheres Gewicht
 - Überdimensionierte Chiller und Verbraucher durch Soleanwendung bzw. Systemtrennung mit PW-Tauscher



Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Freie Kühlung mit Direktverdampfung

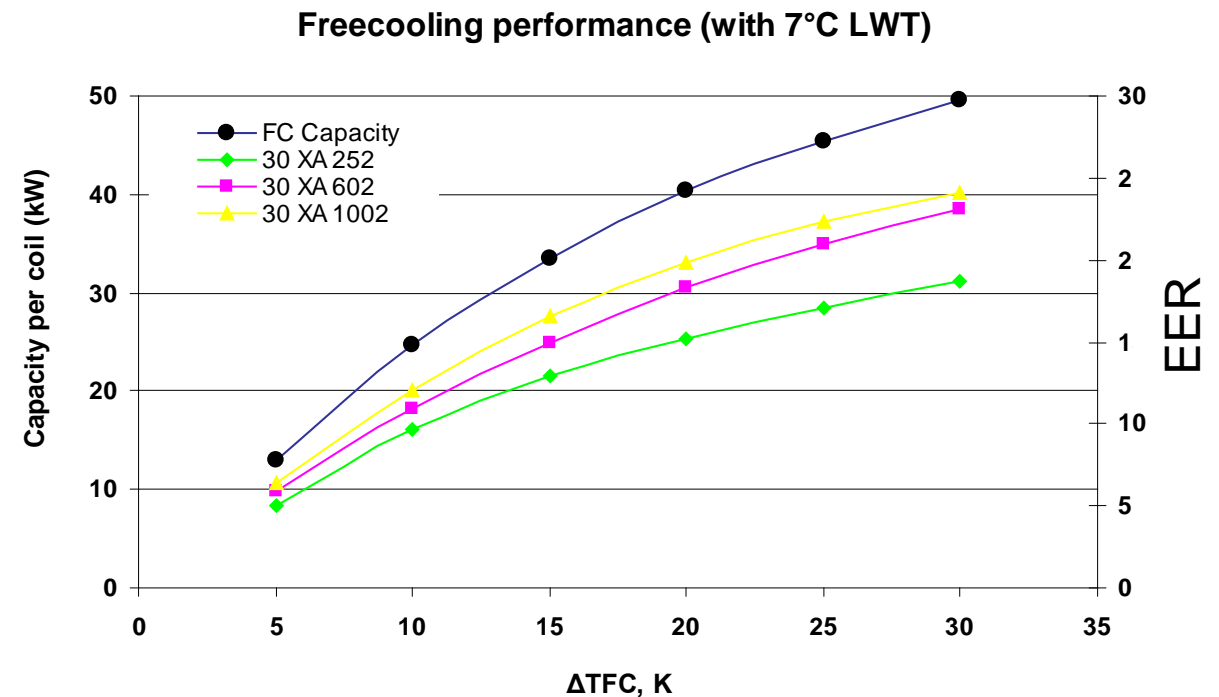
- Kompaktes System (ohne externe Komponenten)
- Umweltschutz
 - Energie – Einsparung → aktiver Umweltschutz
 - Geringerer Lärmpegel
 - Verringerte Betriebskosten
- Funktionsprinzip
 - Direkt-Expansion (DX) free-cooling System nutzt das Thermosyphon Prinzip.
 - Gas aus relativ warmen Bereichen (Verdampfer) migriert zu relativ kalten Bereichen (Verflüssiger).
 - Massenstrom bewirkt Wärmetransport.
 - Nur eine kleine Kältemittelpumpe und Ventilatoren notwendig.



Energiesparende Komponenten

Freie Kühlung - Freie Kühlung mit Direktverdampfung

- Kälteleistung
 - Bei $\Delta T_{FC} = 7$ K, erreicht die Maschine etwa 30%,
 - Bei $\Delta T_{FC} = 10$ K, etwa 50% ihrer Nennleistung für Kompressionsbetrieb
 - EER ~ 10 mit $\Delta T_{FC} = 10$ K.
 - Bei höherem DT, können bis 70% erreicht werden
 - EER ~ bis zu 25 (Wegschaltung von Lüftern)
 - 30RB ab 4K ΔT freie Kühlung möglich

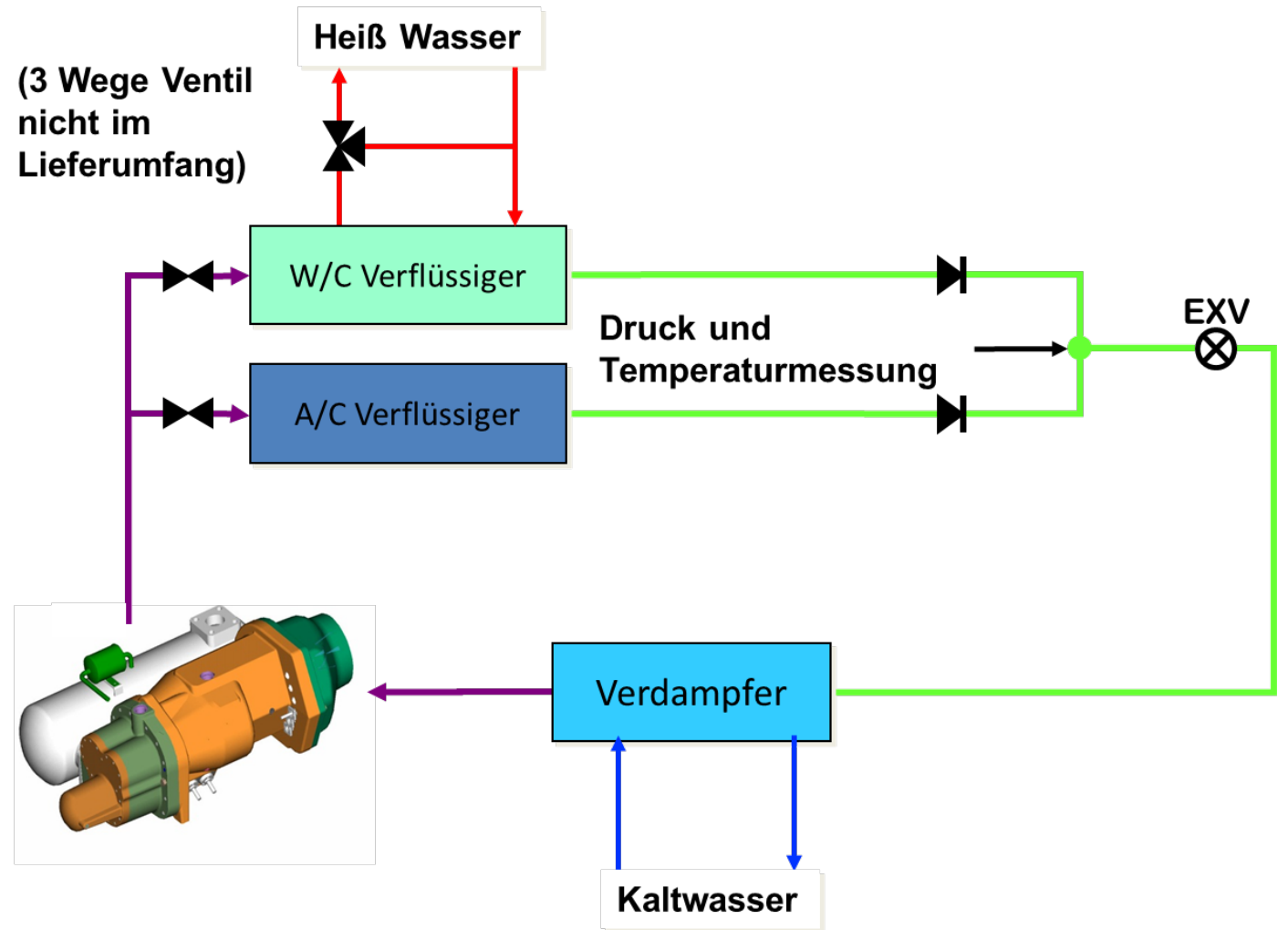


Bis zu 70% der Nominalkälteleistung bei Free Cooling möglich

Energiesparende Komponenten

Wärmerückgewinnung - luftgekühlte Kältemaschine mit Wärmerückgewinnungskondensator

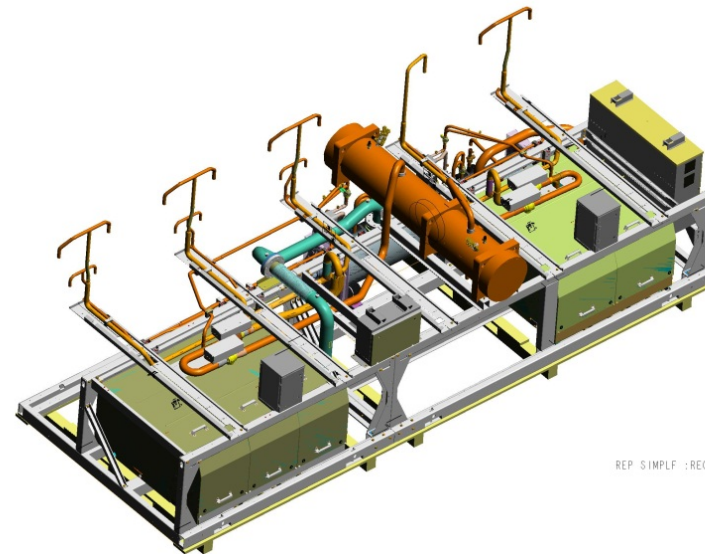
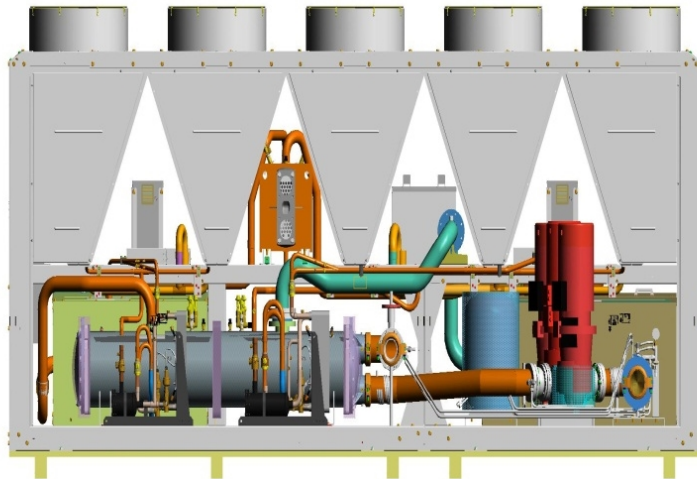
- Typische Anwendung
 - Warmwassererzeugung bei Maschinenbetrieb bis 55°C
 - Brauchwasser, Heizung, Prozesswasser ...
- Beschreibung
 - Wassergekühlter Verflüssiger, parallel geschaltet zum luftgekühlten Verflüssiger.
 - Zur 50% oder 100% Wärmerückgewinnung, 2 kreisig



Energiesparende Komponenten

Wärmerückgewinnung - luftgekühlte Kältemaschine mit Wärmerückgewinnungskondensator

- Wasser-gekühlter Verflüssiger, eingebaut in den Maschinenrahmen, ohne die Abmessungen zu verändern
- von 0% bis 100% Wärmerückgewinnung in:
 - Zwei Stufen (etwa 50%)
 - Pendelt vom Modus “Wärmerückgewinnung” zum Modus “Luftgekühlt” um einen kontinuierlichen Betrieb zu gewährleisten



Energiesparende Komponenten

Wärmerückgewinnung - luftgekühlte Kältemaschine mit Wärmerückgewinnungskondensator

- Betriebsgrenzen
 - Umgebungstemperaturbereich 0°C bis 46°C
 - Regelgenauigkeit Warmwasseraustrittstemperatur
 - Die Umschaltung bewirkt eine Änderung der Kondensationstemperatur.
 - Die Hysterese ist abhängig vom aktiven Volumen des Heißwasserkreises.
 - Heißwasseraustrittstemperaturbereich zwischen 20°C und 55°C
 - geregelt über ein 0-10 V Signal vom Chiller

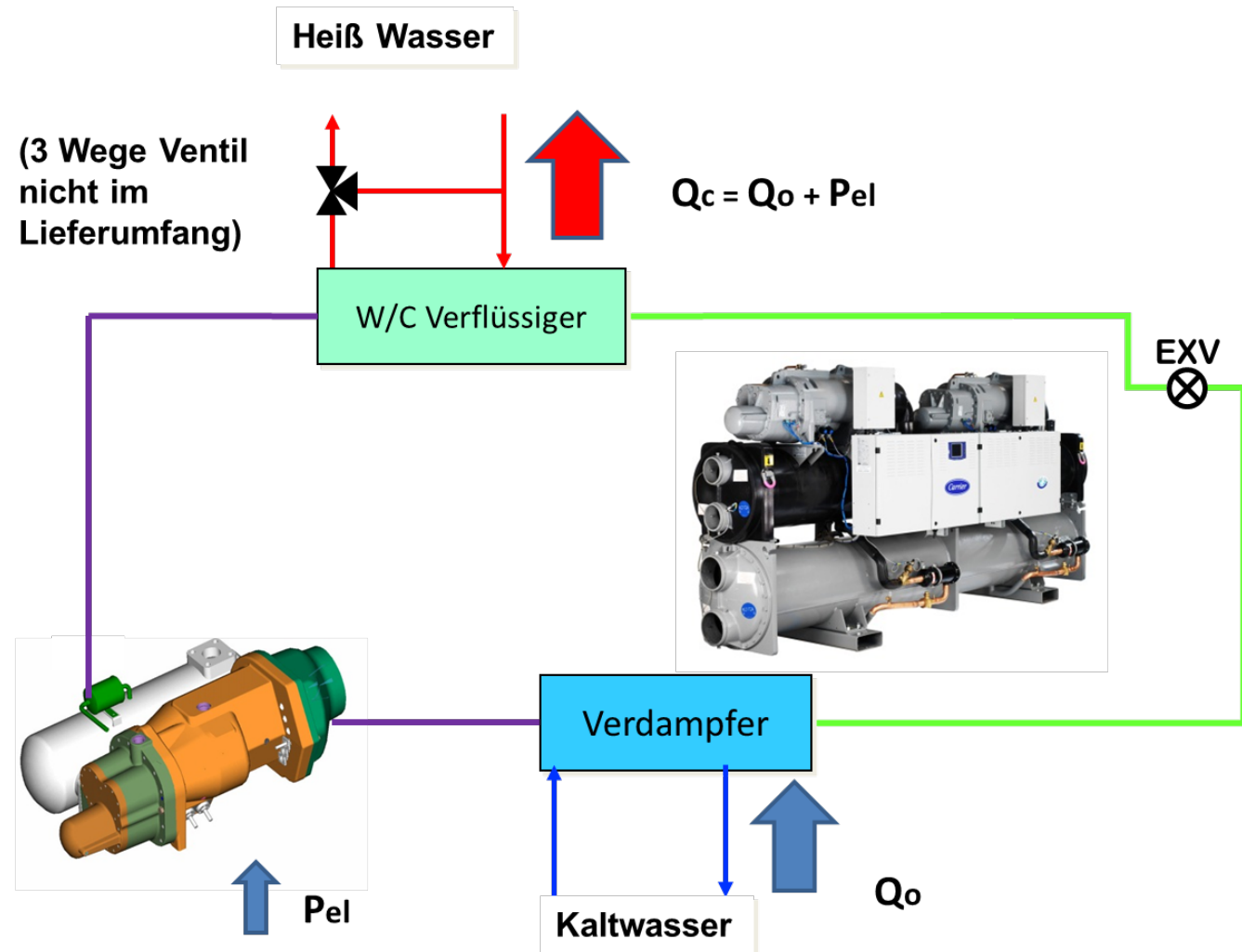
Stability	Volume
2°C	40 l/kW*
3°C	30 l/kW*
4°C	20 l/kW*
5°C	15 l/kW*

* kW: cooling mode capacity

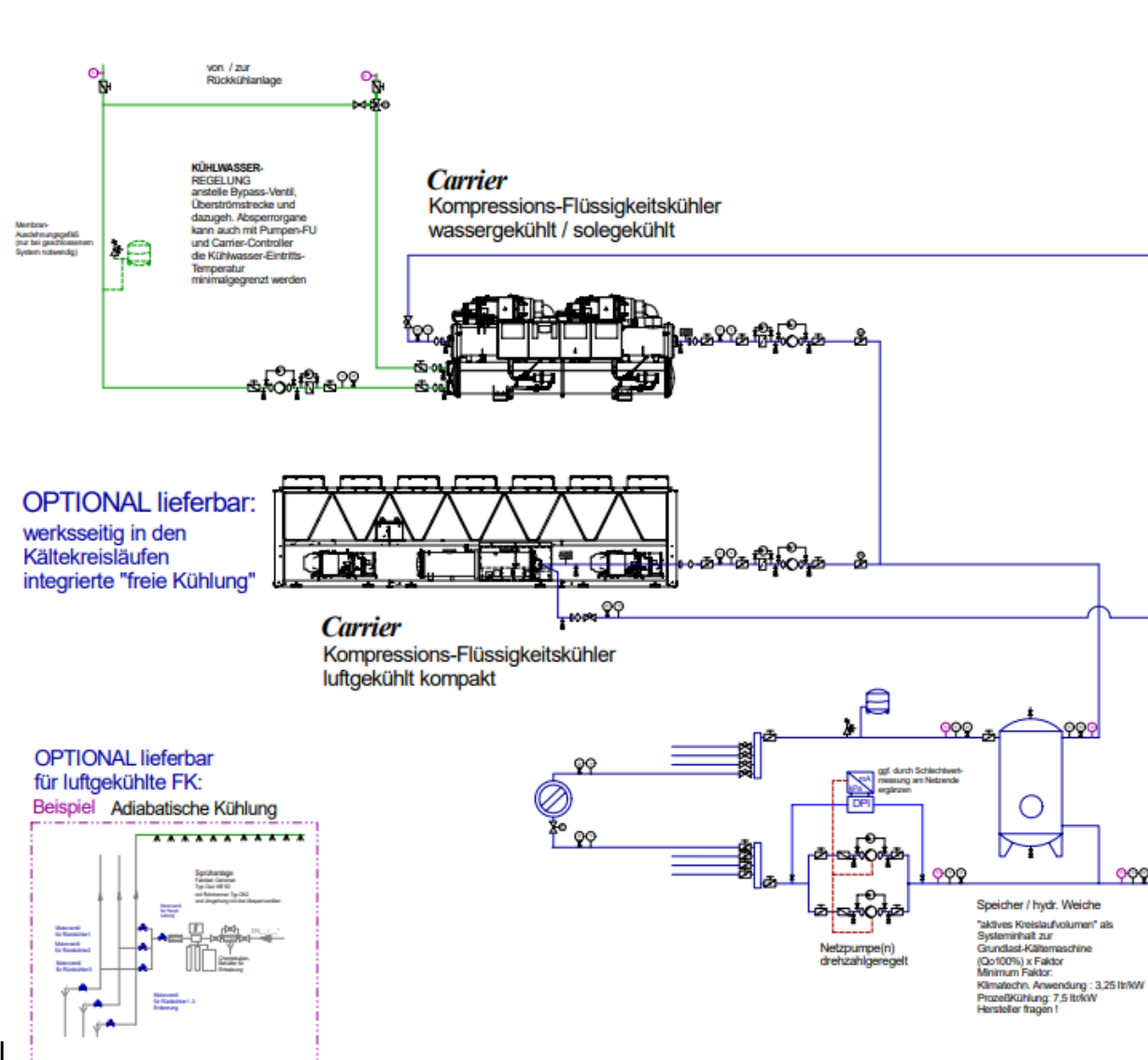
Energiesparende Komponenten

Wärmerückgewinnung - wassergekühlte Kältemaschine mit Wärmerückgewinnungskondensator

- Typische Anwendung
 - Warmwassererzeugung bei Maschinenbetrieb bis 65°C
 - Brauchwasser, Heizung, Prozesswasser ...
- Beschreibung
 - Auskopplung der Kondensationswärme auf gewünschtem Temperaturniveau
 - Wassergekühlter Verflüssiger versorgt Verbraucher oder/und Speicher
 - Nicht genutzte Wärme geht vom Rückkühler an Umgebung
 - 100% Wärmerückgewinnung möglich



Hydraulik – Kompressions-Kälteerzeugung



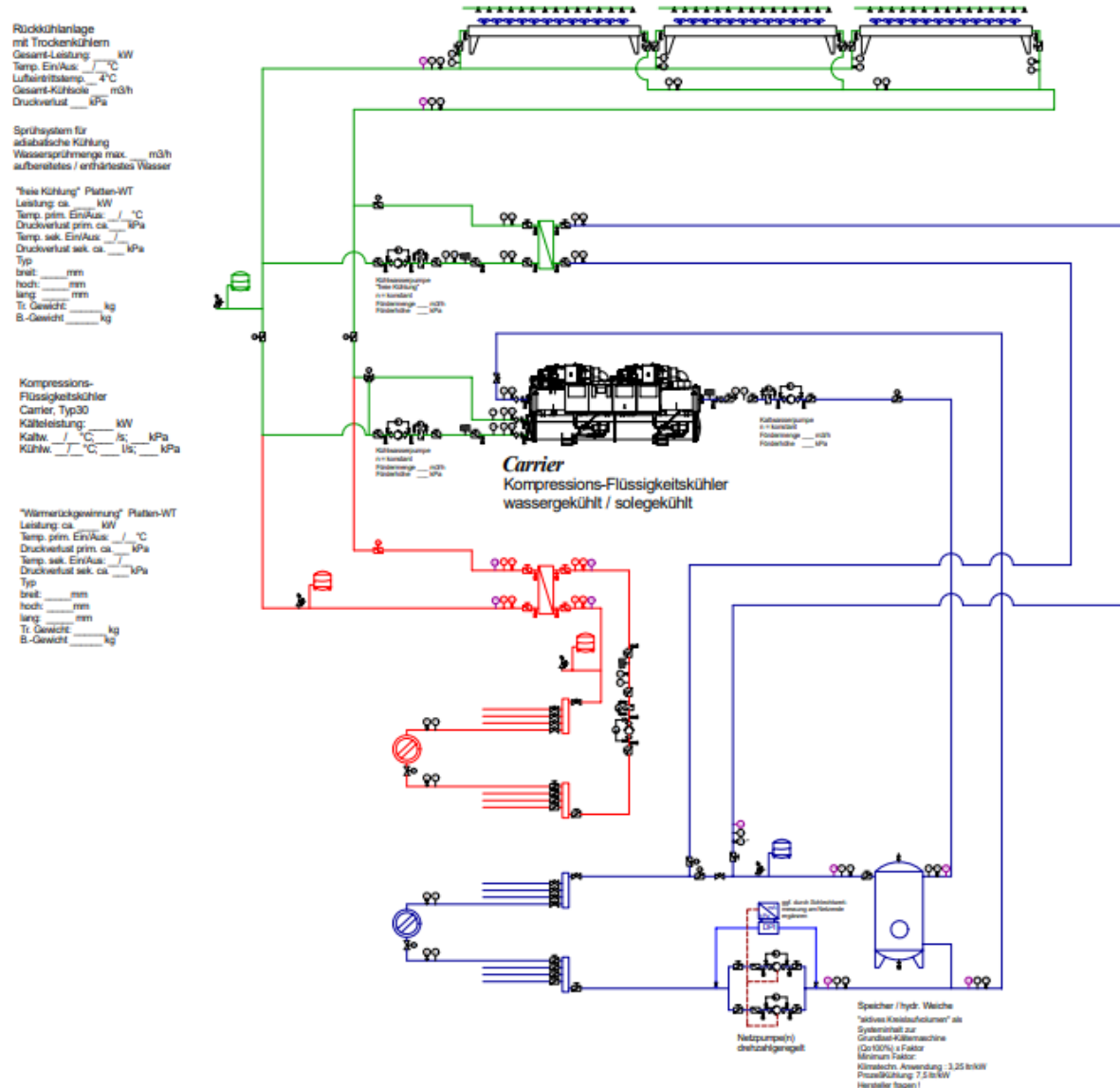
- Handlagerflange
- Mittellagerflange
- Rücklagerflange
- Querschnitt Kompressor
- Handlagerventil mit Feinabstellung
- Zwischengriff mit Motor
- Druckbegrenzventil mit Motor
- Pumpe
- Schmelzfluge
- Schwellventil
- Differenzdruck-Absorber
- Manometer 0-6 bar mit Manometerrohr mit Probefähigkeit 1/2"
- Thermometer -15°C bis 50°C
- Temperaturfühler
- Drückergehäuse
- Stromwächter
- Durchflussmessgerät
- Kupplung



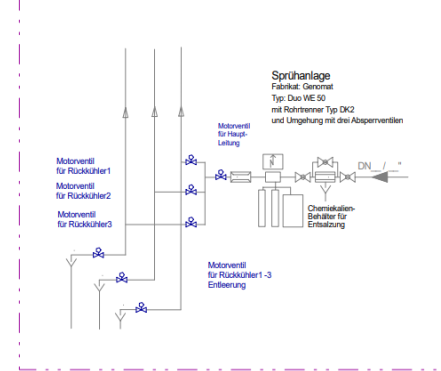
Proprietary and Confidential

Carrier A United Technologies Company	
Ersteller: Bernhard Fritz	
Datum: 23.09.2009	
Carrier GmbH & Co. KG 85576M Key Account Friesweg 2E 22783 Hamburg +49 (0)43 890257-11	
Kompressions-Kälteerzeugung	
Prinzip-Schema Kalt- und Rückkühl-System (luft- und wassergekühlt) ohne Gewähr	

Hydraulik – „freie Kühlung“ & „WRG“



Beispiel Adiabatische Kühlung



- Handabsperklappe
- Motorabsperklappe
- Rückschlagklappe
- Gummi-Kompensator
- Handabsperventil mit FeinEinstellung
- Zweiwegeventil mit Motor
- Dreiwegenventil mit Motor
- Pumpe
- Schmutzfänger
- Sicherheitsventil
- Differenzdruck-Manometer
- Manometer 0-6 bar mit Manometerhahn mit Probenahme 1/2
- Thermometer -10°C bis 50°C
- Temperaturfühler
- Entleerungsstützen
- Strömungswächter
- Durchflussmeßgerät
- Kupplung

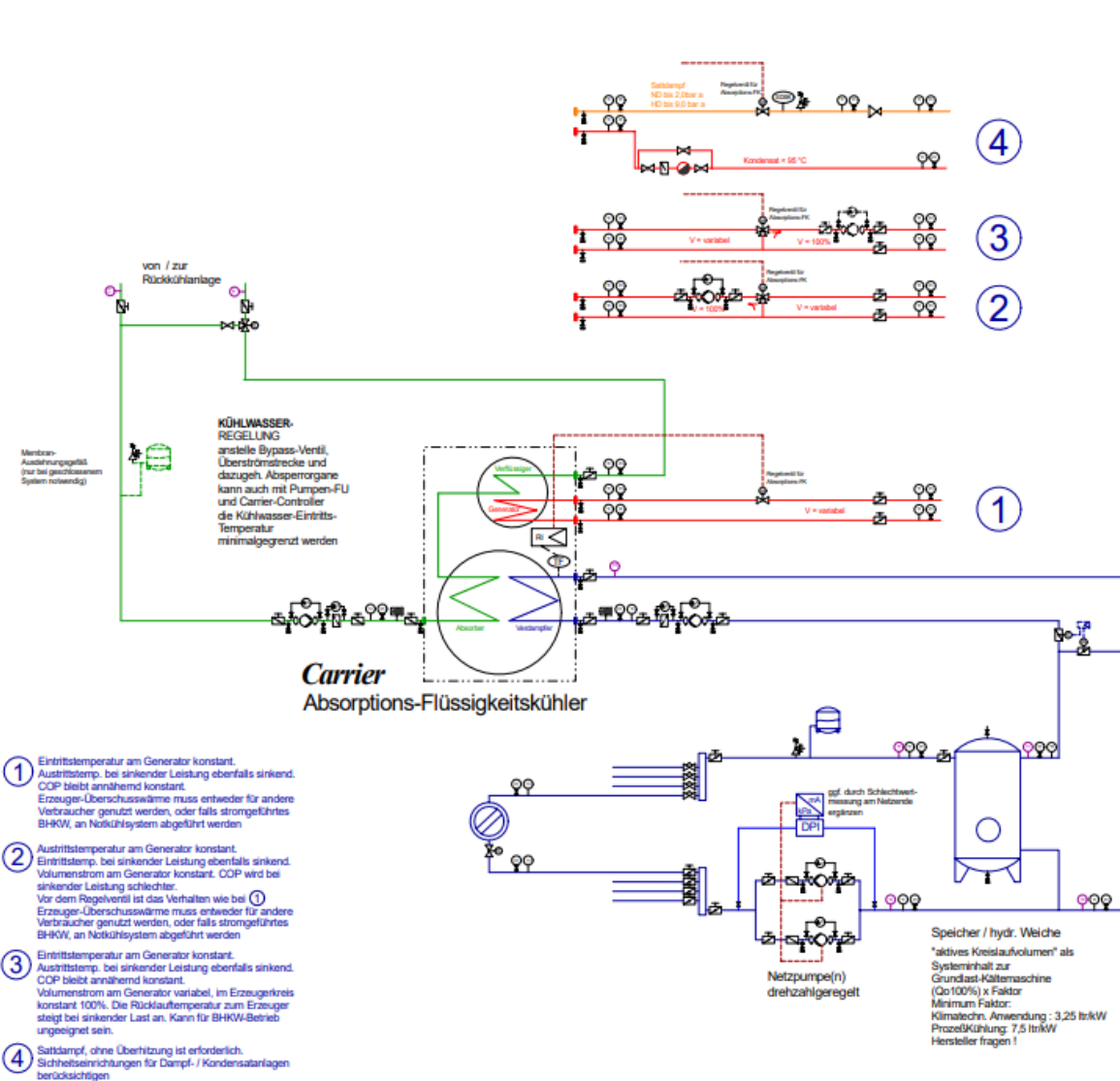
Die Temperaturfühler gehören zum übergeordneten

Carrier Kältezentralen-Management CSM III und Zubehör

- für Regelung, Steuerung und Sicherung
- des Kaltwasser- Primärsystems
 - der druckdifferenzgeregelten Netzpumpen
 - der Rückkühl- und "freie Kühlung"-Systeme
 - der Wärmerückgewinnung
- zum energieoptimierten, selbstständigen Betrieb

<p>A United Technologies Company</p>	<p>Kompressions-Kälteerzeugung</p>
	<p>Prinzip-Schema "freie Kühlung" & "Wärmerückgewinnung" Kalt- und Rückkühl-System ohne Gewähr</p>
<p>Ersteller: Bernhard Fritz Datum: 23.09.2009</p>	
<p>Carrier GmbH & Co. KG BSS/CMS Key Account Friesenweg 6E 22763 Hamburg +49 (040) 889057-11</p>	

Hydraulik – Absorptions-Kälteerzeugung



- ↳ Motorpumpenleiste
- ↳ Rückschlagklappe
- ↳ Gummikompressor
- ↳ Herdabsperrventil mit Festabstellung
- ↳ Zonenventil mit Motor
- ↳ Driveventil mit Motor
- ↳ Pumpe
- ↳ Schrägflügel
- ↳ Sicherheitsventil
- ↳ Differenzdruck-Mikromer
- ↳ Mikromer 0-4 bar mit Mikromertrieb mit Probenahme "V"
- ↳ Thermometer -12°C bis 52°C
- ↳ Temperaturfühler
- ↳ Erlösungsgelötzen
- ↳ Scharnventil
- ↳ Durchflussmessgerät
- ↳ Kuppung

Die Temperaturfühler gehören zum übergeordneten

Carrier
Kältezentralen-Management
CSM III und Zubehör

für Regelung, Steuerung und Sicherung

- des Kaltwasser- Primärsystems
- der druckdifferenzgeregelten Netzpumpen
- der Rückkühl- und Notkühlssysteme
- der Heizversorgung zum Absorptions-FK zum energieoptimierten, selbstständigen Betrieb



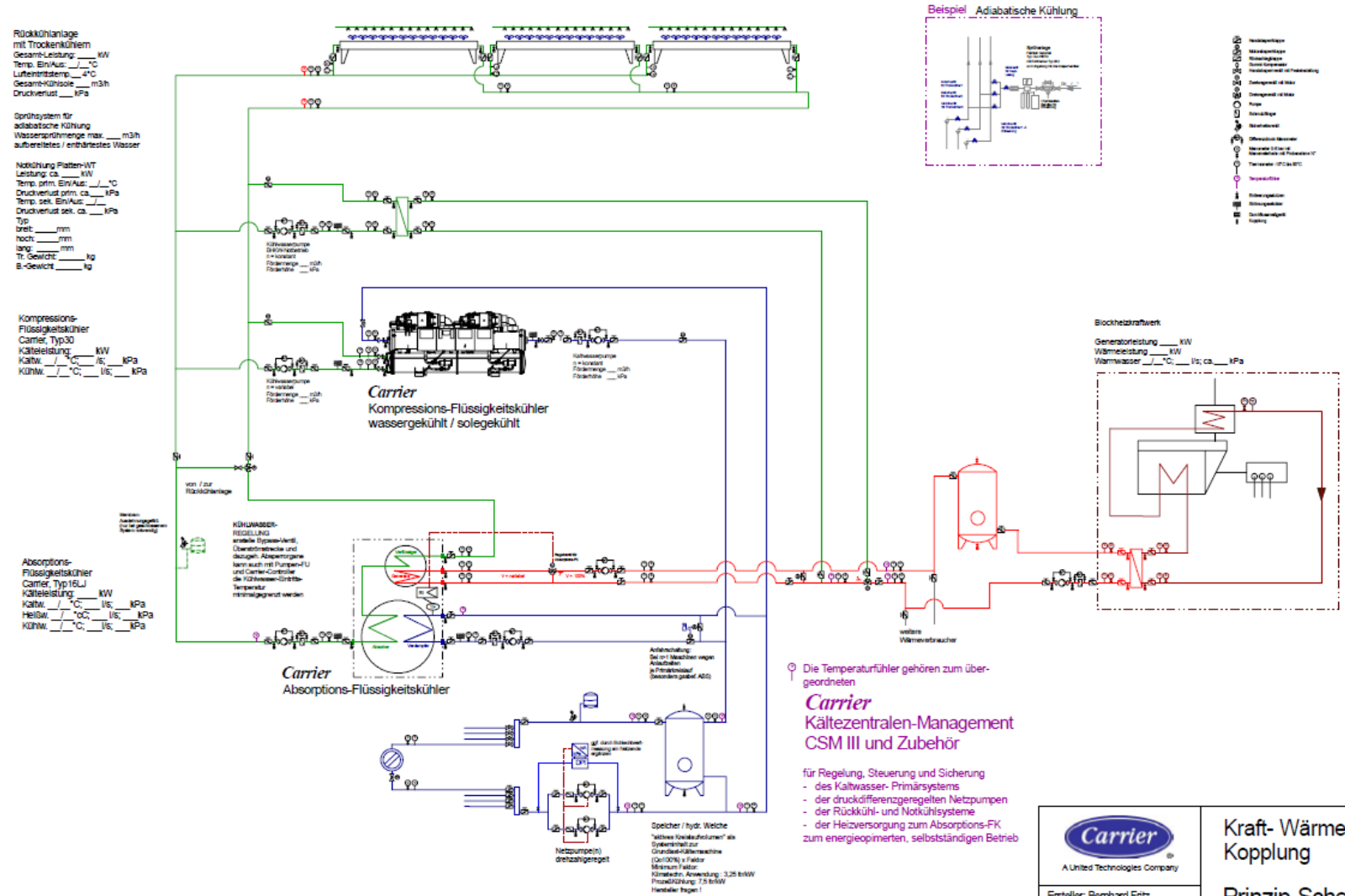
Absorptions-Kälteerzeugung

Prinzip-Schema Kalt-, Rückkühl- und Heizsystem ohne Gewähr

Ersteller: Bernhard Fritz
Datum: 23.09.2009

Carrier GmbH & Co. KG
BSS CMS Key Account
Friedenweg 5E
22763 Hamburg
+49 (0)40 89505 7-11

Hydraulik – Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung



Proprietary and Confidential

 A United Technologies Company	
Ersteller: Bernhard Fritz	
Datum: 23.09.2009	
Carrier GmbH & Co. KG BSS/CMS Key Account Priesenweg 5E 22765 Hamburg	
Kraft- Wärme- Kälte Kopplung Prinzip-Schema Kalt-, Rückkühl- und Heißwasser- System ohne Gewähr	



VIELEN DANK!



Sie haben Fragen?

Dipl. Ing. Christian Henkel

Key Account Manager High Temperature Heat Pumps

Mobil: +49 (0)151 63423982

Email: christian.henkel@carrier.utc.com

Web: www.carrier.de

